

# DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DE SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO LEAN

FERRAMENTAS: BALANCEAMENTO DA LINHA, VSM E SMED

Edgar Castro Moutinho



Mestrado em Gestão de Processos e Operações

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2012



Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Disciplina de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Gestão de Processos e Operações.

Candidato: Edgar Castro Moutinho, N° 1040804, 1040804@isep.ipp.pt

Orientação científica: Eng. António José Galvão Ramos, agr@isep.ipp.pt

Co-Orientação: Prof. Doutor Manuel Joaquim Pereira Lopes, mpl@isep.ipp.pt

Co-Orientação: Prof. Doutor Paulo António da Silva Ávila, psa@isep.ipp.pt



Mestrado em Gestão de Processos e Operações

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

27 de Novembro de 2012



Dedico este trabalho à minha família e amigos.



## *Agradecimentos*

Não posso deixar de agradecer ao Eng. Galvão Ramos, ao Prof. Doutor Manuel Pereira Lopes e ao Prof. Doutor Paulo Ávila pela orientação e disponibilização da informação que foi necessária para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também aos meus colegas de trabalho Nuno Ferreira e Susana Sousa, pela ajuda prestada no desenvolvimento e realização de todo o trabalho.

Não querendo cometer a injustiça de me esquecer de alguém, venho de uma forma geral agradecer a todos aqueles que de uma forma ou de outra deram o seu contributo na elaboração deste trabalho.





## *Resumo*

Uma grande parte do tempo de uma organização é despendida em atividades que não criam qualquer tipo de valor. Este tipo de atividades são consideradas como desperdícios, pois consomem recursos e tempo, como é o caso de deslocações, controlos, ajustes, armazenamento de materiais, resolução de problemas, entre tantos outros, levando a um elevado custo dos produtos disponibilizados.

Em 1996 a designação de Lean Thinking foi usada, pela primeira vez, por Womack e Jones, onde é falada como uma filosofia de gestão, que tem como principal objetivo reduzir os desperdícios num processo produtivo. Reduzindo os desperdícios aumenta-se a qualidade e diminui-se os tempos de processamento e, conseqüentemente, os custos de produção.

É nesta base que assenta o documento aqui presente, que tem o objetivo de criar e desenvolver um jogo de simulação onde seja possível aplicar várias ferramentas Lean. O jogo de simulação é uma continuação de uma pesquisa e estudo teórico de um aluno de erasmus e faz parte de um projeto internacional do Lean Learning Academy (LLA).

Criou-se um processo produtivo de montagem de canetas que fosse o mais semelhante ao que se encontram nas empresas, com todos os acessórios para o pleno funcionamento da simulação, como é o caso de instruções de montagem, procedimentos de controlo e ordens de produção, para assim posteriormente ser possível analisar os dados e as dificuldades encontradas, de modo a aplicar-se as ferramentas Lean. Apesar de serem abordadas várias ferramentas Lean neste trabalho, foram trabalhadas mais detalhadamente as seguintes:

- Value Stream Mapping (VSM);
- Single Minute Exchange of Dies (SMED);
- Balanceamento da linha.

De modo a ser perceptível o conteúdo e as vantagens das três ferramentas Lean mencionadas no trabalho, estas foram aplicadas e simuladas, de forma a existir uma componente prática no seu estudo, para mais fácil compreensão e rápida aprendizagem.

### ***Palavras-Chave***

Lean Thinking, LLA, VSM, SMED, Balanceamento da linha.

## *Abstract*

Most part of an organization working time is spent in activities that do not create any type of value. This kind of activities are considered wastes, because they consume resources and time, like displacements, controls, adjustments, materials storage, problems resolutions among many others, leading to a high cost of products.

In 1996 the designation Lean Thinking was used for the first time by Womack and Jones, as a management philosophy whose main target is to reduce waste in the production process. Reducing waste increases the quality, decreases processing times and consequently the production costs.

The present document underlines these procedures whose goal is creating and developing a simulation game applying, whenever possible, several Lean tools. The game simulation is a continuity of a research and theoretical study of an Erasmus student and was part of an international project of Lean Learning Academy (LLA).

A production process of assembly pens was created, as similar as the one found in companies, using tools for full simulation operation, as the case with mounting instructions, control procedures and production orders, enabling subsequent data analyze and difficulties, in order to apply Lean tools. Although several Lean tools are discussed in this work, the following ones were worked in detail:

- Value Stream Mapping (VSM)
- Single Minute Exchange of Dies (SMED)
- Balancing Line

To understand the contents and benefits of the three Lean tools mentioned in this work, these have been applied and simulated, in order to underline a practice component in its study, for an easier understanding and quick learning.

### ***Keywords***

Lean Thinking, LLA, VSM, SMED, Balancing line.

# Índice

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>XIV</b>
<b>ACRÓNIMOS.....</b>	<b>XV</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO .....	3
<b>2. PENSAMENTO LEAN .....</b>	<b>5</b>
2.1. ALGUMAS FERRAMENTAS LEAN ESTUDADAS .....	6
2.2. AS FERRAMENTAS LEAN APLICADAS NO JOGO .....	16
2.3. RESUMO DO CAPÍTULO.....	24
<b>3. METODOLOGIA DE ENSINO .....</b>	<b>27</b>
3.1. UTILIZAÇÃO DE JOGOS DE SIMULAÇÃO COMO MÉTODO DE ENSINO .....	27
3.2. VANTAGENS E BENEFÍCIOS DOS JOGOS NAS EMPRESAS .....	28
3.3. JOGOS EXISTENTES E APLICAÇÃO AO TRABALHO .....	29
<b>4. DESENVOLVIMENTO DO JOGO.....</b>	<b>33</b>
4.1. INTRODUÇÃO .....	33
4.2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO JOGO .....	33
4.3. CONSTRUÇÃO DO JOGO .....	36
4.4. SIMULAÇÃO DA LINHA TRADICIONAL .....	57
4.5. APLICAÇÃO DO VSM .....	65
4.6. APLICAÇÃO DO SMED.....	68
4.7. APLICAÇÃO DO BALANCEAMENTO DA LINHA.....	73
4.8. MÉTODO DE TRANSPORTE DO JOGO .....	83

<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO A. MANUAL DO JOGO PARA APLICAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO.....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO B. MANUAL DO JOGO PARA A APLICAÇÃO DO VSM.....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXO C. MANUAL DO JOGO PARA A APLICAÇÃO DO SMED.....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO D. MANUAL DO JOGO PARA A APLICAÇÃO DO BALANCEAMENTO DA LINHA. ..</b>	<b>113</b>
<b>ANEXO E. DOCUMENTAÇÃO .....</b>	<b>123</b>

## *Índice de Figuras*

Figura 1 – Gabarito de controlo de uma peça. (Fonte: <a href="http://www.inteliform.eu">http://www.inteliform.eu</a> ).....	8
Figura 2 – Poka yoke utilizado nas tomadas. (Fonte: <a href="http://rhopcoacademia.blogspot.pt">http://rhopcoacademia.blogspot.pt</a> )...	9
Figura 3 – Quadro de kanban com cartões. (Fonte: <a href="http://www.leanproducts.eu">http://www.leanproducts.eu</a> ).....	10
Figura 4 – Carro de abastecimento de linhas. (Fonte: <a href="http://www.leikep.com">http://www.leikep.com</a> ).....	13
Figura 5 – Layout em linha ou por produto.....	14
Figura 6 – Layout por processo. ....	15
Figura 7 – Célula de fabrico. ....	15
Figura 8 – Layout de projeto. ....	15
Figura 9 – Exemplo de um VSM. (Fonte: <a href="http://www.teiminc.com">http://www.teiminc.com</a> ).....	16
Figura 10 – Troca de pneus de um carro de F1, exemplo mais comum de um SMED. (Fonte: <a href="http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.pt">http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.pt</a> ) .....	19
Figura 11 – Exemplo de uma folha de recolha e análise de tempos.....	21
Figura 12 - Esquema representativo da diminuição dos tempos de paragem da máquina. .	22
Figura 13 – Exemplo de uma linha de montagem. (Fonte: <a href="http://www.roadandtrack.com">http://www.roadandtrack.com</a> )	23
Figura 14 – Ciclo do jogo.....	34
Figura 15 – Ordem de estudo das ferramentas segundo o ciclo do jogo. ....	35
Figura 16 - Laboratório de sistemas da produção com 7.70x3.85m.....	37
Figura 17 – Mesas de trabalho com as dimensões de 1.2x0.8m.....	37
Figura 18 – Cadeiras com as dimensões de 0.5x0.5m.....	37

Figura 19 - Exemplo das canetas usadas. ....	38
Figura 20 – Decomposição da caneta em peças. ....	38
Figura 21 - Colocação da borracha na parte de plástico. ....	38
Figura 22 – Decomposição e nomes dados às peças da caneta. ....	39
Figura 23 – Laboratório com o layout. ....	40
Figura 24 – Conjunto inferior da caneta. ....	41
Figura 25 – Conjunto superior da caneta. ....	41
Figura 26 – União das duas partes da caneta. ....	41
Figura 27 - Layout utilizado para o processo produtivo de canetas. ....	42
Figura 28 – Layout do armazém de componentes. ....	43
Figura 29 – Armazém de componentes. ....	44
Figura 30 – Mesmo tipo de peça junta por cor. ....	44
Figura 31 - Caixas usadas para armazenamento de material no armazém. ....	44
Figura 32 – Nova disposição do armazém. ....	45
Figura 33 – Layout da nova disposição do armazém. ....	45
Figura 34 – Exemplo dos recipientes preparados para a ordem de produção. ....	45
Figura 35 – Caixa e rack de madeira usados para transporte de material. ....	46
Figura 36 – Configurações dos racks de madeira. ....	46
Figura 37 – Caixa projetada. ....	47
Figura 38 – Caixa de embalagem das canetas espalmada. ....	47
Figura 39 – Caixa para embalagem das canetas dobrada. ....	48



Figura 40 - Tira de papel para fechar a caixa. ....	48
Figura 41 – Etiquetas autocolantes para colar na tira de papel. ....	48
Figura 42 - Formato das etiquetas carimbadas. ....	49
Figura 43 – Carimbo utilizado.....	49
Figura 44 - Mecanismo de carimbar etiquetas.....	49
Figura 45 – Sistema de aperto dos carimbos à peça em nylon por dois parafusos.....	50
Figura 46 - Exemplo da embalagem completa nas três cores.....	51
Figura 47 - Cronometro para tomada de tempos. ....	51
Figura 48 - Exemplo da folha de introdução de dados para o PT1 e PT2. ....	52
Figura 49 - Exemplo da folha de introdução de dados do PT1 preenchida.....	52
Figura 50 – Vista geral da folha resumo onde são apresentados os dados obtidos. ....	53
Figura 51 – Vista do posto 1 da folha resumo. ....	53
Figura 52 – Exemplo de uma instrução de trabalho. ....	54
Figura 53 – Exemplo de uma ordem de produção.....	55
Figura 54 – Exemplo da folha de requisição de materiais.....	55
Figura 55 – Exemplo da folha de planeamento da produção. ....	56
Figura 56 – Exemplo da folha de registo de não conformidades. ....	56
Figura 57 - Diagrama de processo. ....	58
Figura 58 – Layout do processo. ....	59
Figura 59 – Mapeamento do estado atual.....	66
Figura 60 – Mapeamento do estado futuro.....	67

Figura 61 – Mecanismo para carimbar as etiquetas. ....	69
Figura 62 – Método de fixação por parafusos. ....	69
Figura 63 – Método de fixação por encaixe rápido. ....	70
Figura 64 – Diagrama sequencial dos postos com tempos. ....	73
Figura 65 – Layout do processo produtivo após balanceamento da linha. ....	76
Figura 66 – processo produtivo da linha balanceada. ....	77
Figura 67 – VSM pretendido. ....	82
Figura 68 – VSM conseguido. ....	82
Figura 69 – Mala para transporte do jogo. ....	83
Figura 70 – Documentação no fundo da mala de transporte. ....	83
Figura 71 – Material na separatória intermédia da mala. ....	84
Figura 72 – Material na última separatória da mala. ....	84

## *Índice de Tabelas*

Tabela 1 – Simbologia do VSM. ....	18
Tabela 2 - Características dos vários jogos existentes no mercado. ....	30
Tabela 3 - Componentes da caneta. ....	43
Tabela 4 – Agenda da simulação. ....	63
Tabela 5 – Média dos valores obtidos na última simulação. ....	64
Tabela 6 – Tempos de transporte da simulação. ....	65
Tabela 7 – Agenda da simulação. ....	70
Tabela 8 – Resultados obtidos inicialmente sem SMED. ....	71
Tabela 9 – Resultados obtidos após aplicação do SMED. ....	72
Tabela 10 – Ordenação por ordem decrescente de tempo dos postos de trabalho. ....	74
Tabela 11 – Verificação da otimização dos postos de trabalho. ....	75
Tabela 12 – Agenda da simulação. ....	78
Tabela 13 – Tempos de transporte antes da aplicação do balanceamento. ....	79
Tabela 14 - Tempos de transporte após da aplicação do balanceamento. ....	79
Tabela 15 – Média dos tempos na aplicação do balanceamento da linha. ....	79
Tabela 16 – Comparação de tempos absolutos no início e final das simulações. ....	80

## *Índice de Gráficos*

Gráfico 1 - Gráfico presente na folha resumo. ....	53
Gráfico 2 – Gráfico dos valores médios obtidos. ....	64
Gráfico 3 – Média dos tempos antes da aplicação do SMED. ....	71
Gráfico 4 – Média dos tempos após a aplicação do SMED. ....	72
Gráfico 5 – Comparação dos tempos de transporte antes e após balanceamento da linha. ....	79
Gráfico 6 - Média dos tempos na aplicação do balanceamento da linha. ....	80
Gráfico 7 – Comparação dos tempos absolutos no início e final das simulações. ....	81

## *Acrónimos*

CT	-	Tempo de Ciclo
DEM	-	Departamento de Engenharia Mecânica
ISEP	–	Instituto Superior de Engenharia do Porto
JIT	–	Just in Time
LLA	-	Lean Learning Academy
LSP	-	Laboratório de Sistemas de Produção
PT	-	Posto de Trabalho
SMED	–	Single Minute Exchange of Dies
TK	-	Takt Time
TMC	-	Toyota Motor Corporation
TPM	–	Total Productive Management
TPS	-	Sistema de Produção da Toyota
TQM	-	Total Quality Management
VSM	–	Value Stream Mapping
WIP	-	Work in Progress
ZQC	-	Zero Quality Control



# 1. INTRODUÇÃO

Segundo Womack e Jones, no livro publicado em 1990, *The Machine that changed the world*, o termo Lean é usado, pela primeira vez, para descrever o Sistema de Produção da Toyota (TPS).

O Lean ou o pensamento Lean tem o objetivo de criar o maior valor ao cliente requerendo uma menor quantidade de recursos, eliminando-se assim todas as atividades que não geram qualquer tipo de valor (Desperdícios) [1].

O pensamento Lean procura o aumento da capacidade produtiva e a redução de atividades que não agregam valor aos processos. Assim, as empresas têm de inovar na concepção e implementação de processos produtivos livres de desperdícios, traduzindo-se em maior valor acrescentado, com específicas vantagens competitivas. Atualmente, o desperdício não inclui apenas as atividades humanas, como sugeria Womack e Jones, mas também qualquer outro tipo de atividades e recursos usados indevidamente e que contribui para o aumento de custos, de tempo e de não satisfação do cliente. Para eliminar o máximo possível de desperdícios, a aplicação das ferramentas da filosofia Lean tornam-se bastante importantes para as organizações, já que é possível que estas consigam alcançar resultados mais eficientes [2].

Os benefícios do uso de jogos de simulação para mostrar as ideias e conceitos pretendidos também são bastante conhecidos, sendo um método bastante eficaz e divertido. Normalmente, as pessoas estão muito mais dispostas e cooperativas neste método de ensino, encontrando assim uma oportunidade de evolução na área de trabalho [3].

Desde o séc. XIX que os jogos apresentam um papel importante no desenvolvimento e na aprendizagem das pessoas. Ultimamente, estes jogos didáticos estão a ser utilizados muito frequentemente como forma de ensino e como complemento ao ensino tradicional pois, segundo Ammar e Wright (1999), utilizando este tipo de jogos, o interesse e o envolvimento dos alunos pelo tema considerado, aumenta significativamente [4].

De modo a conjugar estas duas metodologias o trabalho presente aborda a criação de um jogo de simulação onde seja possível aplicar as ferramentas Lean, seja possível compreender de uma forma mais prática e rápida todas as vantagens dos seus conteúdos.

## **1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO**

O tema do trabalho assenta na criação e desenvolvimento de um jogo de simulação, onde serão usadas e aplicadas nove ferramentas do pensamento Lean.

Para a realização do trabalho foi reunida uma equipa constituída por três alunos que pretendiam realizar a dissertação de mestrado (Edgar Moutinho, Nuno Ferreira, Susana Sousa). A estes três alunos foi-lhes facultado o Laboratório de Sistemas de Produção (LSP), do Departamento de Engenharia Mecânica (DEM) do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), com todo o material necessário para o desenvolvimento do trabalho.

Uma vez que o trabalho presente é uma continuação de um outro trabalho já começado, este grupo teve que dar um seguimento ao anterior. Assim foi idealizada e criada uma linha de montagem de canetas como um processo produtivo tradicional, onde fosse possível aplicar nove ferramentas Lean. As ferramentas foram divididas pelos três alunos, para estes poderem estudar e aprofundar convenientemente o tema. Os temas foram divididos da seguinte forma:

- Nuno Ferreira: Melhorias de layout, 5s, TPM.
- Susana Sousa: Poka Yoke, Mizusumashi, Kanban.
- Edgar Moutinho: Balanceamento da linha, VSM, SMED.

Cada um destes alunos pôde criar uma simulação no jogo para cada ferramenta onde fosse explicado o tema em questão, de uma forma divertida e eficaz, seguindo uma razão lógica na utilização de cada uma delas.



## **1.2. OBJETIVOS**

O objetivo principal deste trabalho passa pela criação e desenvolvimento de um jogo de simulação, onde fosse possível aplicar a metodologia das ferramentas Lean (Balanceamento da Linha, VSM e SMED). Para a concretização deste objetivo, foi necessário passar por outros objetivos, a salientar:

- Necessidade de criação de um processo produtivo, o mais tradicional possível, que se assemelhe a um processo de uma empresa, onde seja possível simular o seu funcionamento quotidiano, sendo assim possível aos intervenientes no jogo, analisar, discutir e corrigir todos os problemas encontrados em todo o processo.
- A aplicação e adaptação de três ferramentas Lean (Balanceamento da linha, VSM, SMED) à simulação do processo tradicional, mencionado no ponto anterior, onde seja possível aos instruendos aprenderem e interiorizarem mais facilmente os conceitos de cada uma destas ferramentas de melhoria.

## **1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO**

No capítulo 1, dedicado à Introdução, é feita uma contextualização para a realização do trabalho, onde é referido o objetivo do trabalho e o que se pretende realizar.

O capítulo 2, com o nome de Pensamento Lean, é dedicado a uma revisão bibliográfica, onde constam os fundamentos e objetivos do pensamento Lean, bem como as várias ferramentas existentes.

O capítulo 3 faz referência aos jogos de simulação como uma metodologia de ensino, apresentando os seus objetivos e vantagens. Faz-se ainda uma análise aos jogos existentes.

O capítulo 4 referente ao Desenvolvimento do jogo descreve o trabalho prático realizado, onde constam as várias simulações realizadas, as ferramentas Lean utilizadas, bem como as conclusões daí obtidas.

O último capítulo (capítulo 5) é inteiramente dedicado às conclusões e à identificação das limitações que advieram do trabalho aqui presente. São feitas também propostas a realizar no trabalho futuramente.



## 2. PENSAMENTO LEAN

O pensamento Lean é descrito como uma cultura de resolução de problemas, um processo de melhoria contínua à procura da perfeição e excelência. Cria valor e aumenta a capacidade de resposta às exigências do cliente, estando em constante procura das atividades que não geram valor com o objetivo de as eliminar [5].

É portanto um método evoluído de gestão com o objetivo de melhorar a produção, eficiência e a qualidade dos produtos e serviços de uma organização. Esta metodologia foi desenvolvida ao longo da segunda metade do século XX, tendo surgido no Japão na indústria automóvel, pela Toyota e posteriormente sendo utilizada em outros tipos de indústrias [6].

Após a Segunda Guerra Mundial foi necessário reconstruir a indústria japonesa e em especial a Toyota sem recorrer a qualquer mercado ou economias de escala. A Toyota estava quase na falência, quando Taiichi Ohno decidiu redesenhar os processos de produção desenvolvendo metodologias de produção claramente focadas na obtenção de melhores resultados, com investimento limitado. Assim Taiichi Ohno foi considerado como o criador do Sistema de Produção da Toyota, sistema este baseado no fornecimento de ferramentas e soluções para as pessoas que nele trabalham poderem melhorar continuamente o seu desempenho [7].

O Lean pretende produzir apenas o que o cliente quer com menor custo e com nenhum desperdício, aumentando assim o valor e consequentemente, a rentabilidade das empresas. O valor acrescentado é definido na metodologia Lean como o conjunto de todas as atividades na sua produção desde a sua conceção até ao produto final que entregam valor ao cliente. Apenas o valor justifica o tempo e o dinheiro do cliente, sendo este que consegue manter os clientes interessados no produto. Numa empresa este valor tem uma percentagem bastante baixa, uma vez que na maior parte do tempo, o valor não é acrescentado, pois no processo costumam existir re-trabalhos, controlos de qualidade, excesso de stocks e de material em processamento (WIP – Work in Progress) e excesso de transportes e movimentos [8].

A principal ideia do pensamento Lean é bastante simples. A organização deve produzir o máximo de valor para os clientes tentando evitar o máximo de desperdícios possível. Assim, as organizações para tentar aplicar esta metodologia terão que aplicar 5 princípios básicos [9]:

- Especificar qual o valor do cliente. Deverão produzir somente o que o cliente quer, sendo necessário uma compreensão exata das necessidades do cliente.
- Compreender o fluxo de valor. O fluxo de valor são as atividades que quando realizadas corretamente e na ordem exata, produzem o produto ou o serviço para um cliente.
- Melhorar o fluxo. Fazer com que o trabalho numa organização flua continuamente e sem interrupção.
- Sistema pull. O sistema deverá reagir à encomenda do cliente.
- Ter um processo perfeito. Num processo perfeito cada passo é valioso, tendo este processo que ser capaz, disponível, adequado, flexível e orientado para um fluxo contínuo.

## **2.1. ALGUMAS FERRAMENTAS LEAN ESTUDADAS**

O Lean tem, várias ferramentas à sua disposição, contudo, as estudadas neste trabalho são os 5s, poka yoke, kanban, TPM, mizusumashi, layout issue, VSM, SMED e

balanceamento da linha. As ferramentas mencionadas irão ser explicadas, quanto ao seu conteúdo e à finalidade a que se propõem.

### ➤ 5s

Os 5s apareceram no Japão, após a segunda guerra mundial, nas décadas de 50 e 60. Como o país estava perante uma crise de competitividade, os 5s foram uma maneira de envolver as pessoas e contribuir para a mudança de cultura. Está vocacionado para a limpeza e organização, facilitando assim uma maior produtividade, segurança e qualidade. Serve de base para uma maior auto disciplina no trabalho, um melhor trabalho e melhores produtos.

Os 5s são portanto o nome dado a uma das ferramentas da metodologia Lean em que como o próprio nome indica, tem cinco palavras em Japonês todas começadas pela letra S. As palavras são Seiri (identificar), Seiton (arrumar), Seiso (limpar), Seiketsu (normalizar) e Shitsuke (respeito). Estes têm o objetivo de manter as condições ideais dos postos de trabalho através de rotinas que visam reduzir o desperdício dos processos e aumentar a motivação das pessoas [2].

Os 5s são então:

1ºs – Seiri - Identificar (Identifica todos os objetos, separando os necessários dos não necessários, eliminando estes últimos).

2ºs – Seiton - Arrumar (Criar um lugar para tudo, organizando assim o local de trabalho de modo a garantir uma maior segurança e eficiência).

3ºs – Seiso - Limpeza (Criar a rotina das tarefas diárias de limpeza de toda a área de trabalho).

4ºs – Seiketsu - Normalizar (Desenvolve e define métodos comuns de arrumação e limpeza através de procedimentos de modo a garantir uma consistência e sustentabilidade).

5ºs – Shitsuke - Respeitar (O respeito tem o objetivo de manter e melhorar todas as melhorias realizadas com os 4s anteriores).

Entre os benefícios dos 5s tem-se:

- Ter as áreas de trabalho limpas e seguras – Quando a área de trabalho está limpa e organizada a maioria dos perigos são eliminados;
- Diminuir o tempo perdido com o local de trabalho organizado – Quando os materiais e as ferramentas estão acessíveis e arrumadas no local adequado, o tempo de procura diminui;
- Diminuir o espaço necessário – Quando o desnecessário é eliminado e tudo aquilo que é preciso está organizado, o espaço físico necessário é reduzido;
- Melhorar a autodisciplina – A natureza visual dos 5s torna mais perceptível todas as condições que não são normais;
- Melhorar a cultura - Quando os 5s são aplicados sistematicamente, fortalece o trabalho em equipa e melhora o entusiasmo das pessoas [10].

➤ **Poka yoke**

O Poka Yoke é uma técnica preventiva que tem o objetivo de identificar e eliminar erros. É um conceito inicialmente promovido em 1960 por Shigeo Shingo e, mais tarde, popularizada pelo seu livro “Zero Controlo de Qualidade” de 1986. Com a deteção dos erros, muitas tarefas repetitivas que dependem da memória do trabalhador são adicionadas ao processo, libertando o tempo e as mentes dos trabalhadores [11].

O Poka Yoke é implementado usando objetos simples como gabaritos, dispositivos de alerta, sendo geralmente projetados para parar a máquina e alertar o trabalhador se algo está prestes a correr mal. Além destes tipos de sistemas, conceitos como a codificação de cores, textura e indicadores visuais também são utilizados.

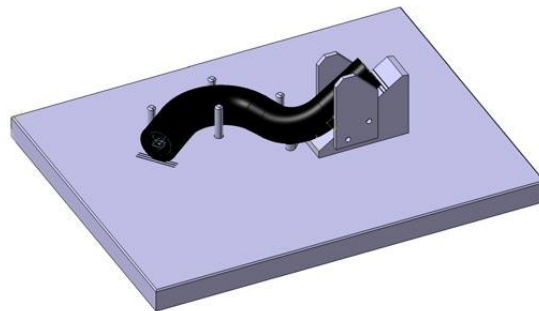


Figura 1 – Gabarito de controlo de uma peça. (Fonte: <http://www.inteliform.eu>)

Não é apenas usado nos processos de fabricação, sendo também usado no processo de design do produto, através do design de peças que são impossíveis fisicamente de serem montadas incorretamente e pontos de conexão são muitas vezes codificados por cores para evitar erros de união de fios. Os códigos de cores também são muitas vezes usados para permitir rápida identificação dos materiais corretos. Alguns exemplos de Poka Yoke são, por exemplo, as pen drives, muito usadas hoje em dia, que só entram num tipo de entrada e numa certa posição nos computadores e as tomadas que tem um encaixe próprio, não se conseguindo encaixar de outra forma [12].

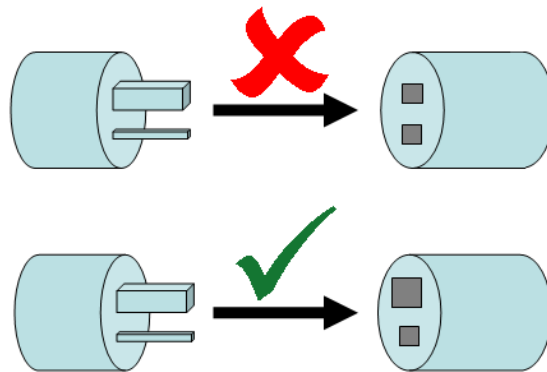


Figura 2 – Poka yoke utilizado nas tomadas. (Fonte: <http://rhopcoacademia.blogspot.pt>)

### ➤ **Kanban**

Foi desenvolvido por Taiichi Ohno da Toyota Motor Corporation (TMC) como forma de diminuir o excesso de produção que iria criar muito work in progress (WIP) e gerar muito stock tornando assim os custos com o material bastante elevados.

Taiichi Ohno inspirou-se para a criação dos kanbans nos métodos de reposição dos produtos dos supermercados americanos. As prateleiras só eram abastecidas depois dos produtos serem consumidos pelos clientes.

É uma ferramenta do sistema just in time (JIT) e tratam-se de sinais visuais através de cartões que autorizam a produção ou a circulação de produtos [13].



Figura 3 – Quadro de kanban com cartões. (Fonte: [http:// www.leanproducts.eu](http://www.leanproducts.eu))

O kanban “puxa” o processo de produção. Assim as linhas recebem o cartão de produção e à medida que vão consumindo as peças vai sendo autorizando, aos postos antecedentes, o fabrico de novos lotes. Sendo um sistema de fabrico de pequenos lotes, cada um é armazenado em recipientes uniformes com um número de peças definido no cartão de kanban, o qual também deverá estar sempre junto com o recipiente, à medida que vai passando pelos diferentes postos de trabalho e sofrendo as várias operações do processo [14].

Existem dois tipos de kanbans, os de produção, que são aqueles que autorizam a produção e a transformação de um produto e os kanbans de transporte que autorizam a movimentação do material, de um posto para o outro.

Assim os kanbans têm como principais vantagens [2]:

- São simples de utilização;
- Permitem uma rápida movimentação entre postos;
- Permitem uma maior interação entre os postos de trabalho;
- Diminuição dos prazos de entrega;
- Diminuição de stocks.



## ➤ **TPM**

O TPM ou total productive maintenance, já desenvolvido nas décadas de 60/70 é uma das outras ferramentas Lean que melhora o desempenho de fabricação através da eliminação constante de todas as formas de desperdício, melhorando assim a qualidade e aumentando a produtividade. Utiliza ferramentas e técnicas de outras áreas, como técnicas de manutenção, produzindo assim resultados bastante eficientes [15].

O TPM é descrito por Nakajima como "Manutenção produtiva" realizada por todos os funcionários, através de pequenos grupos. Ele considera um parceiro igual à gestão pela qualidade total em termos de classe mundial de fabricação. De acordo com os princípios do TPM, a responsabilidade para otimizar o equipamento não se encontra apenas no departamento de manutenção, mas sim em todos os trabalhadores [16].

O TPM possui oito pilares, que devem ser colocados em prática, envolvendo as empresas nos seguintes objetivos: zeros defeitos, zero acidentes, zero avarias, zero tempo; aumentando desta forma a disponibilidade do equipamento. Os 8 pilares são então [16]:

- Manutenção autónoma;
  - Pequenas Manutenções realizadas pelo próprio operador que garantam bons níveis de produtividade, como é o caso da limpeza e inspeção dos equipamentos.
- Manutenção planeada;
  - Realizada em conjunto com as pessoas do departamento de manutenção com o objetivo de eliminar todas as perdas que poderão vir a ocorrer.
- Melhorias específicas;
  - Fazem-se melhorias de modo a eliminar as perdas existentes no processo produtivo.
- Formação e treino;
  - Promovem-se formações de modo a todos os colaboradores ficarem aptos a realizarem as suas atividades com segurança.

- Manutenção da qualidade;
  - Tem o objetivo de diminuir os defeitos.
- Controlo inicial;
  - Controlo e verificação dos equipamentos aquando do seu início de produção.
- TPM administrativo;
  - Criação de um programa de melhorias para resolver os problemas.
- Segurança, saúde e meio ambiente.
  - Responsável por manter a inexistência de acidentes, doenças e danos ambientais.

Trata-se, por isso, de um processo destinado a maximizar a produtividade do seu equipamento. Promove um ambiente onde os esforços de melhoria na segurança, qualidade, entrega, custo e desempenho operacional de equipamento são incentivados através da participação de todos os colaboradores. Assim, o principal objetivo é maximizar o equipamento, reduzindo o tempo de inatividade não planeada, resultando em menores custos. Com a implementação do TPM surgem os seguintes benefícios [17]:

- Redução do tempo de inatividade não planeado;
- Maior capacidade de produção;
- Reduzidas despesas de manutenção e maior vida útil do equipamento;
- Redução das avarias das máquinas e equipamentos;
- Envolvimento dos colaboradores na maximização do desempenho do equipamento;
- Melhoria da qualidade;
- Aumento da segurança.

### ➤ **Mizusumashi**

O mizusumashi, mais conhecido por Water Spider, trata-se de uma rotina efetuada por uma ou mais pessoas conhecedoras de todos os processos, que tem o objetivo de abastecer e fornecer aos postos de trabalho pequenas quantidades de materiais, segundo horários bem definidos [20].



Figura 4 – Carro de abastecimento de linhas. (Fonte: <http://www.leikep.com>)

As principais funções do mizusumashi são [18]:

- Satisfazer os pedidos de recolha;
- Recolher as caixas vazias;
- Reunir os materiais necessários;
- Recolher os produtos intermédios e entregar ao processo seguinte e recolher os produtos acabados;
- Repor os materiais nos postos de trabalho.

O mizusumashi, em relação aos métodos tradicionais, tem as vantagens de [2]:

- Evitar a falta de material nos postos de trabalho, pois estas são detetadas a tempo;
- Apenas existe um interveniente no manuseio dos materiais;

- Os abastecimentos são frequentes e são de acordo com as necessidades dos postos de trabalho;
- Os abastecimentos são normalizados e planeados;
- Diminuir os tempos de espera e consequente aumento da produtividade;
- Diminuir as falhas de comunicação.

#### ➤ **Layout Issue**

O layout ou arranjo físico trata da decisão, de onde e como, colocar todas as instalações, máquinas e equipamentos numa área pré definida. Assim, define-se o modo e o processo de transformação dos recursos. O principal objetivo de um bom layout é tentar reduzir ao máximo a quantidade de trabalho, a quantidade de equipamentos e de espaço necessários ao tipo de quantidade produzida, distribuindo todas as atividades de forma sequencial e de forma a existir uma grande taxa de utilização do equipamento, evitando ao máximo os tempos de paragem [19].

Com um bom layout consegue-se minimizar o custos de manuseamento dos materiais, diminuir o investimento realizado e o custos de operação, diminuir o tempo total da produção, usufruir ao máximo o uso do espaço, obter conforto e segurança aos colaboradores e ter uma grande flexibilidade para receber novos produtos. Então, uma forma de otimizar ao máximo o layout é a escolha acertada do tipo de implantação a efetuar, de acordo com a quantidade e diversidade de produtos a produzir. Os vários tipos de layout passam-se de seguida a explicar [20]:

- Layout em linha ou por produto

Este layout é ideal para grandes quantidades de produção e para uma pequena variedade de produtos. Os produtos passam por todos os postos de trabalho, em forma sequencial, onde vão sofrendo as alterações devidas.

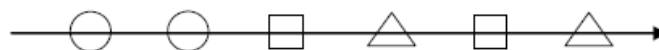


Figura 5 – Layout em linha ou por produto.

- Layout por processo

É ideal para pequenas quantidades de produção e para uma elevada variedade de produtos. Os produtos passam por alguns postos de trabalho, de forma não sequencial, mediante a operação que terão que sofrer.

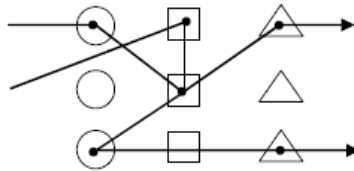


Figura 6 – Layout por processo.

- Célula de fabrico

É ideal para médias quantidades de produção e média variedade de produtos. Os produtos sofrem as alterações necessárias percorrendo os postos de trabalho, de forma sequencial ou não.

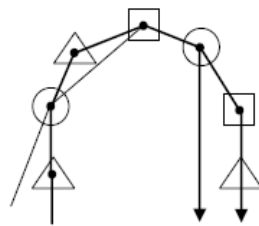


Figura 7 – Célula de fabrico.

- Layout de Projeto

Ideal para produções unitárias, onde todos os componentes vêm de um só local e onde é montado o produto.

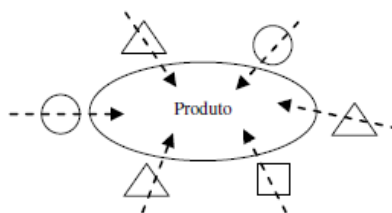


Figura 8 – Layout de projeto.

## 2.2. AS FERRAMENTAS LEAN APLICADAS NO JOGO

As ferramentas aplicadas e trabalhadas neste trabalho foram o VSM, o SMED e o Balanceamento da linha, as quais se passam a explicar de seguida quanto ao seu conteúdo e à finalidade a que se propõe.

### ➤ VSM

O VSM (Value Stream Mapping), desenvolvido por Rother é um processo de observação do fluxo de informações e de material e processo de forma a documentar o desempenho do processo [21].

O VSM também é uma ferramenta visual simples que tem o objetivo de ajudar a visualizar todo o fluxo e analisar o desperdício do processo podendo-se assim identificar facilmente o fluxo de valor que envolve todas as etapas de valor acrescentado e valor não acrescentado para ações de melhoria.

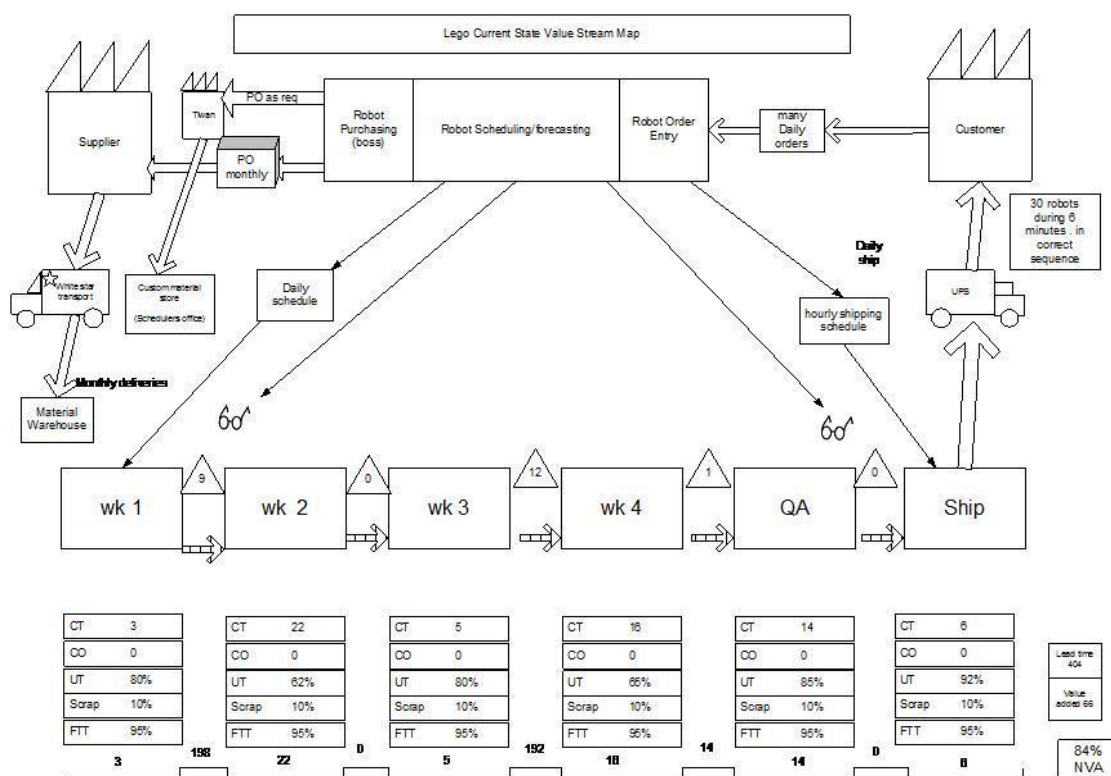


Figura 9 – Exemplo de um VSM. (Fonte: <http://www.teiminc.com>)

Inicialmente é desenhado o estado inicial, e atual do processo, para documentar todo o seu funcionamento. De seguida, é desenhado e desenvolvido um mapa do estado futuro para projetar um fluxo de processo com eliminação de todos os desperdícios e de processos anormais em todo o fluxo tentando-se, assim, atingir melhorias de processo. Posteriormente, é necessário levar a cabo um plano de implementação que detalha todos os passos para a sua concretização. Deste modo o VSM apresenta alguns benefícios como é o caso de [21]:








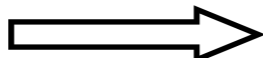
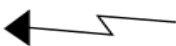

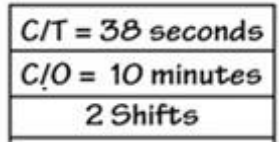




- Dar prioridade às ações de melhoria;
- Identificar os locais onde se poderão aplicar as ferramentas Lean adequadas;
- Conseguir-se perceber mais facilmente processos produtivos complexos.

O mapeamento consiste então nos seguintes passos [22]:

- Planeamento da atividade;
- Analisar todo o processo e recolher todos dados do processo detalhadamente;
- Desenhar e analisar o mapa de fluxo do estado atual;
- Criar um mapa do estado futuro;
- Fazer um planeamento da alteração a realizar;
- Implementar as alterações;
- Analisar novamente o processo e repetir os passos atrás mencionados.

Para a construção do mapeamento, existe uma simbologia específica a qual se passa a mencionar.

Tabela 1 – Simbologia do VSM.

Descrição	Símbolo
Fonte externa (cliente ou fornecedor)	
Processo	
Stocks	
Kanban	
Lógica pull	
Lógica push	
Fornecimento por caminhão	
Fluxo físico de materiais	
Fluxo eletrônico de informação	
Fluxo de papel de informação	
Caixa de dados: C/T – Tempo de Ciclo C/O – Tempo de mudança Número de turnos	
Operador	
Supermercado	
FIFO	
Ir e ver pela própria pessoa	



## ➤ SMED

Para evitar a falta de produtos para entrega era necessário fazer e ter um stock demasiado grande, originando assim, por vezes, a ser produzido um tipo de produto sem existirem encomendas para ele. Esta razão devia-se à pouca diversidade de produtos da mesma empresa pois as demoras de troca de produção dos diferentes produtos eram demasiado grandes, contudo, com a diversificação dos produtos para as empresas conseguirem vingar no mercado foi necessário criar métodos para combater esse problema.

Foi então que o Single Minute Exchange of Dies mais conhecido por SMED surgiu de uma experiência realizada por Shingo ao tentar resolver os problemas de falta de produtividade de um conjunto de prensas na fábrica da Mazda. Ao analisar o motivo de falta de produtividade, Shingo verificou que os tempos de paragem para efetuar as trocas de ferramentas nas prensas, para iniciar um novo lote, eram demasiado elevadas.

O SMED é, portanto, um método de redução dos tempos de setup nas mudanças de ferramenta de uma máquina ou de ajustes nos processos, através da otimização dos tempos de mudança. Consiste em ações de melhoria, resultando do trabalho de equipa que tem como objetivo a redução dos tempos e das atividades de mudança ou de ajustes. Tem o objetivo de maximizar a utilização dos meios e o aumento da flexibilidade dos processos. Assim, através da otimização das mudanças de ferramentas é possível uma resposta mais eficiente às solicitações impostas pelos clientes, que cada vez mais pretendem uma maior diversidade de produtos.



Figura 10 – Troca de pneus de um carro de F1, exemplo mais comum de um SMED. (Fonte: <http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.pt>)

O SMED baseia-se nas atividades de Setup interno e externo. Assim, o seu objetivo é a análise das atividades e divisão em internas e externas para posteriormente converter-se o máximo de atividades internas em atividades externas, e por fim se proceder à otimização de todas as atividades de Setup internas. Por exemplo, a utilização de gabaritos, a utilização de várias tarefas em simultâneo e a uniformização dos trabalhos poderão ser ajudas na melhoria das atividades internas. O processo de SMED pode ser dividido por 5 fases distintas [23]:

#### Estado preliminar – Observar e registar

- Duração geral do tempo de SMED;
- Descrever pormenorizadamente a mudança;
- Registar todo o material e equipamento usado;
- Registar os tempos por cada passo efetuado.

#### Estado 1 – Analisar e separar as atividades

- Analisar as atividades internas e externas;
- Estudar qual das atividades internas poderá ser transferida para atividade externa;
- Analisar os problemas mais comuns.

#### Estado 2 – Transferir as atividades

- Transferir o máximo de atividades classificadas como internas para externas;
- Analisar novamente todas as atividades.

#### Estado 3 – Simplificar todas as atividades

- Analisar os factos e discutir todas as possibilidades de melhorar alguma atividade;
- Analisar novamente se alguma atividade interna poderá ser transferida para externa.

#### Estado 4 – Criar procedimentos

- Escrever todos os procedimentos de SMED, incluindo todos os passos das atividades internas e externas;
- Verificar e analisar novas melhorias a efetuar, e fazer uma revisão do procedimento.

Os procedimentos e passos para mudança de ferramentas relativos ao SMED devem incluir:

- A preparação e ajustes, verificação das ferramentas e componentes, para garantir que tudo está nos lugares devidos e em boas condições de funcionamento;
- A Montagem e desmontagem das ferramentas. Proceder à desmontagem da ferramenta em produção e à montagem da ferramenta que irá entrar em produção;
- Realizar as medidas e as calibrações para que a produção possa começar;
- Realizar peças de teste e analisar a conformidade. Em função dos resultados obtidos proceder aos ajustes necessários.

Recolha Dados SMED							
Máquina: _____					Data: _____		
Nº	Actividade	Tempo Setup Actual		Melhorias	Objectivo Tempo		Actividades a realizar para obtenção de melhorias
		Interno	Externo		Interno	Externo	

Figura 11 – Exemplo de uma folha de recolha e análise de tempos.

Contudo, e apesar de todos estes passos a seguir sejam importantes para realizar um SMED eficaz, é possível torná-lo mais rápido e eficiente, fazendo melhorias através dos seguintes passos:

- Falar e motivar os trabalhadores;
- Gravar um vídeo com as trocas de ferramentas, para se observar detalhadamente tudo que se passou;
- Assegurar que as operações externas são feitas com a máquina a produzir;
- Realizar uma listagem de todas as tarefas a realizar e componentes necessários para a produção;

- Garantir que as ferramentas que são transportadas do seu local de armazenamento para a máquina, e que depois regressam após a conclusão do SMED, são movimentadas como operações externas;
- Transformar o máximo de operações internas em externas.

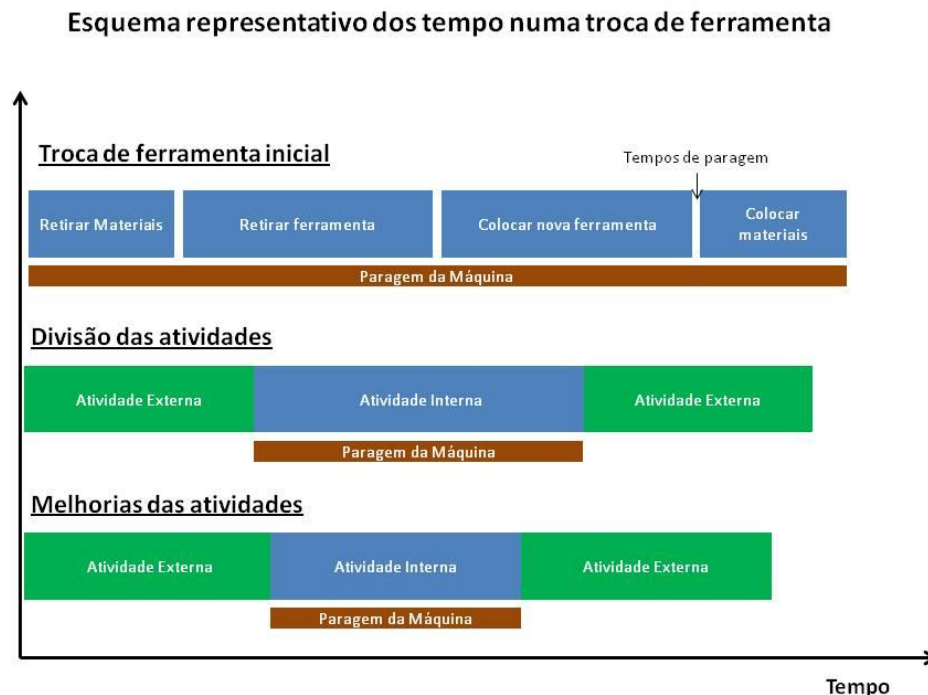


Figura 12 - Esquema representativo da diminuição dos tempos de paragem da máquina.

Com a redução do tempo de Setup com o SMED, é possível aumentar a flexibilidade, a eficácia na produção e a capacidade da máquina conseguindo, desta forma, responder eficientemente às necessidades do mercado.

Outra das vantagens será a produção em lotes mais pequenos e de uma forma mais rápida garantindo uma melhor qualidade do produto, um menor custo de produção e prazos de entrega mais curtos [24].

### ➤ **Balanceamento da linha**

Uma linha de montagem é um sistema orientado para o fluxo de produção onde os produtos são transformados à medida que vão passando pelos postos de trabalho. Os produtos podem percorrer estes postos de trabalho, de forma manual, através de uma pessoa ou através de forma automática, através, por exemplo, de uma passadeira rolantes ou roletes.



Figura 13 – Exemplo de uma linha de montagem. (Fonte: <http://www.roadandtrack.com>)

Originalmente, os produtos fabricados numa empresa tinham sempre os mesmos requisitos de fabricação. As linhas de montagem eram desenvolvidas para uma produção em grande escala, de modo a explorar uma alta especialização do trabalho. Para responder às necessidades dos clientes e do mercado foi necessário diversificar os produtos e os seus requisitos, procedendo-se assim à sua individualização.

Para diversificar os produtos foi necessário pensar e criar novos tipos de linha automatizados que apresentam grandes custos. Assim, a configuração de uma linha de montagem é de grande importância para a implementação de um sistema de produção eficiente, ao nível de custos. O planeamento da produção é bastante importante pois está relacionado com todas as tarefas e decisões relacionadas com as configurações dos equipamentos e alinhando as unidades produtivas para um processo de produção, antes de começar o processo real. Isto inclui a definição da capacidade do sistema (tempo de ciclo, número de estações, do equipamento), bem como a autenticação dos conteúdos de trabalho para unidades produtivas (atribuição de tarefa, sequência de operações) [25].

O Balanceamento de linha é um problema relacionado com as operações efetuadas nas estações de trabalho, podendo ser otimizadas por meio de balanceamento das suas atividades e para serem usadas o mais eficientemente possível.

Para otimizar as operações na linha de produção para um dado número de estações de trabalho, torna-se necessário reduzir o tempo de ciclo através da criação de um equilíbrio dos tempos por cada posto de trabalho.

Os principais objetivos de um balanceamento de uma linha são a elevada utilização de trabalho dos postos de trabalho e a minimização dos tempos de paragem. Para isso existem

algumas fórmulas matemáticas de modo a ser possível calcular o número mínimo de postos de trabalho necessário. Passam-se a explicar de forma sequencial.

Calcula-se o takt time de modo a saber qual é o tempo de saída de cada peça num dia de laboração.

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível\ por\ período}{Número\ de\ peças\ pretendidas\ por\ período} \quad (1)$$

De seguida, calcula-se o tempo total de produção de um produto (trata-se da soma dos tempo de cada posto de trabalho).

$$\sum Ti \quad (2)$$

Com o tempo de ciclo calculado e o tempo total de produção calculado é possível calcular o número mínimo de postos de trabalho necessários numa linha de produção através da fórmula:

$$N_{min} = \frac{\sum Ti}{TK} \quad (3)$$

O número obtido deverá ser arredondado ao número inteiro superior.

Para comprovar a eficiência da linha de produção a adotar poderá utilizar-se a seguinte formula:

$$Eficiência\ (E) = \frac{\sum Ti}{N \times TK} \quad (4)$$

Através deste procedimento é possível construir e balancear uma linha de produção minimizando o custo de utilização dos materiais, diminuindo a distância percorrida das pessoas, não sendo necessário tanto espaço disponível [26].

## **2.3. RESUMO DO CAPÍTULO**

O livro intitulado “Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation” de Womack e Jones, publicado em 1996, é uma continuação de um outro livro, muito bem-sucedido chamado “The Machine That Changed the World” de Womack, Jones e Roos. Estes dois livros pretenderam fazer referência à revolução efetuada pelo TPS (Toyota Production System ou sistema de produção da Toyota) no Japão. Este sistema chamado de sistema

magro ou pensamento Lean é contrastado com os sistemas de produção tradicionais. Assim, perante este sistema as empresas conseguem criar valor acrescentado tornando os processos mais eficazes. O pensamento Lean é, pois, definido como a realização de tarefas de transformação de um produto, desde o estado inicial até ser entregue ao cliente, sem interrupções pelo meio e produzindo somente o necessário mediante as encomendas [27].

O Lean Thinking pode ser aplicado a qualquer organização e a qualquer setor de atividade, embora, as suas origens estejam na indústria automóvel, as ferramentas e as técnicas entretanto desenvolvidas podem ser facilmente transferidas para todo o tipo de áreas de atividade económica. Muitas empresas norte-americanas, europeias e japonesas duplicaram os seus níveis de desempenho, enquanto reduziam stocks e erros, e ao mesmo tempo aumentam o nível de serviço dos clientes [15].

As empresas ou organizações que aplicam algumas das ferramentas Lean tais como o VSM, SMED, 5S, TPM, Kanban, Poka Yoke, balanceamentos de linha entre outras, tornam-se “magras” tendo ganhos significativos ao nível de produtividade e eficácia [28].





## 3. METODOLOGIA DE ENSINO

### 3.1. UTILIZAÇÃO DE JOGOS DE SIMULAÇÃO COMO MÉTODO DE ENSINO

Manter as pessoas atentas e concentradas, no método de ensino tradicional dentro de uma sala de aula, é bastante complicado. Para tentar combater esses problemas surgem os jogos de simulação, que são um método de ensino bastante diferente, pois os participantes passam a ter uma experiência diferente de aprendizagem, melhorando a aprendizagem dos princípios que o jogo aborda, ficando assim a entender melhor os seus conceitos, sendo ainda possível fazer relações e comparações com a vida real.

Os jogos de simulação têm uma longa história na educação e estão bem adaptados à aprendizagem. Usado nas escolas de negócios, desde o final dos anos 50, estas simulações foram expandindo-se, gradualmente, na década de 90, através de áreas tão diversas como as de política, gestão e marketing [29].

Estes jogos têm desempenhado um papel fundamental não só como atividade lúdica mas também como ferramenta de formação e treino. A informática tem sido o melhor meio de utilização destes jogos de simulação como é o caso da existência de simuladores de voo, para se aprender e treinar a pilotar aviões e de simuladores de F1, de modo aos pilotos de F1 treinarem e manterem a sua perícia de condução [30].

A principal vantagem deste tipo de jogos é serem flexíveis e poderem-se adaptar a várias situações. Cabem dentro duma mala e podem realizados dentro de uma pequena sala com duração e número de jogadores variável [31].

Sendo um método de ensino e aprendizagem bastante ativo para o processamento e resolução de problemas práticos, estes jogos contêm duas partes distintas, uma teórica e uma prática. A parte teórica é uma fase introdutória que consiste em toda a descrição do jogo desde o tema que se irá abordar, passando pelas regras e explicação do jogo, até a formação das equipas que participarão no jogo. Esta parte do jogo poderá ser realizada por meio de vídeos ou qualquer outro tipo de apresentação. Depois, passa-se à parte prática onde é realizada toda a simulação e onde se tenta aumentar a motivação dos formandos para realizarem as suas tarefas no jogo de forma cuidada e eficaz. Existe um moderador que para além de coordenar todo o jogo, tenta no final combinar adequadamente os conteúdos de ensino através de uma reflexão e discussão de tudo o que se passou no jogo.

Assim, é possível aumentar o raciocínio e a flexibilidade dos alunos e participantes do jogo, conseguindo-se trabalhar com problemas realistas e com tarefas num ambiente mais calmo [32].

### **3.2. VANTAGENS E BENEFÍCIOS DOS JOGOS NAS EMPRESAS**

Dos muitos métodos utilizados no processo de ensino, aquele que tem maior destaque e que vem conquistando cada vez mais espaço é a simulação empresarial. É uma técnica de treino e de desenvolvimento que surgiu a partir dos jogos de guerra, divulgados na época da segunda guerra mundial nos EUA, e que contribui para o interesse e desenvolvimento dos formandos.

De uma forma geral, os jogos têm sido utilizados há muitos anos na educação, mas só recentemente nas empresas a utilização de jogos ganhou impulso, tornando-se uma ferramenta bastante eficaz para um processo de mudança organizacional das empresas.

Nas empresas todas as pessoas gostam de um momento relaxante. Os jogos são divertidos promovendo assim um bom convívio e boa disposição entre as pessoas, não existindo assim hierarquias. Fomenta assim a aproximação entre as pessoas melhorando a confiança para apresentarem e discutirem ideias futuras [31].

Quando se tomam certas decisões numa empresa, os seus resultados não conseguem ser testados, e podem ser alvo de muitas discussões sobre o sucesso destas mesmas decisões. Assim os jogos de simulação têm a sua principal vantagem no conhecimento das consequências das decisões tomadas [30].

Outra das vantagens tem a ver com o cumprimento de prazos, já que as decisões que se irão tomar nas simulações também terão que ser tomadas durante um determinado tempo com consequências na continuação do jogo, desenvolvendo desta forma as capacidades de recolha de informação e interpretação do jogo bem como de tomada de decisões dos jogadores.

Os jogos de simulação têm uma grande influência na motivação dos jogadores, contribuindo assim para a existência de melhores resultados das pessoas noutro tipo atividades e para o interesse noutro tipo de áreas [33].

### **3.3. JOGOS EXISTENTES E APLICAÇÃO AO TRABALHO**

Os jogos de simulação são definidos como a interação entre participantes, segundo regras definidas, submetendo-os a restrições e obrigando-os a usarem a imaginação e a criatividade para contornarem esse problema.

Um dos principais motivos de utilização destes jogos de simulação é a sua possibilidade de treino num ambiente muito semelhante ao presente numa empresa, proporcionando desta forma aos participantes visibilidade, produtividade e segurança sem apresentar custos muito elevados [3].

O pensamento Lean, conhecido como uma filosofia de eliminação de resíduos na cadeia de valor tem como principal objetivo criar valor. Tem sido ultimamente muito utilizado na europa com resultados extraordinários, tendo sido também aplicada a outras atividades de negócio. Contudo esta filosofia ainda não foi aproveitada da forma mais eficiente possível e é neste contexto que se começou a dar uma grande importância ao ensino desta metodologia aos estudantes e aos profissionais das mais diversas áreas.

O objetivo é ensinar de forma a criar um contexto de modo a que as pessoas possam imaginar e entender de uma forma mais prática, facilitando assim o processo de aprendizagem do pensamento Lean.

De uma forma geral, estes jogos de simulação têm o objetivo de criar uma experiência com os diferentes tipos de jogos existentes abordando conceitos técnicos, como é o caso de mostrar os diferentes tipos de resíduos, sistema push, balanceamento de linhas, reduções de lotes, trabalho em equipa [34].

No mercado existem vários tipos de jogos de simulação onde são utilizadas as ferramentas Lean. Da pesquisa efetuada conseguiu-se encontrar os jogos mais comuns atualmente existentes, contudo existirão mais alguns. Na tabela em baixo encontram-se as características mais relevantes desses jogos.

Tabela 2 - Características dos vários jogos existentes no mercado.

<b>Jogo</b>	<b>Temas abordados</b>	<b>Nº Participantes</b>	<b>Duração do jogo</b>
Simulação Fabrico de tomadas	Otimização Layout One piece flow kanban Balanceamento do trabalho	6 a 12	2 a 3 horas
Simulação Fabrico de lanternas	Otimização Layout One piece flow kanban Balanceamento do trabalho Resolução de problemas Melhoria de qualidade	6 a 12	2 a 3 horas
Simulação da redução de setup	SMED	6 a 12	-----
Simulação dos 5s	5s	4	45 Minutos a 3 horas
Jogo da catapulta	Six sigma Melhoria de qualidade	4 a 6	1 a 8 horas
Jogo do lego	5s Trabalho normalizado Gestão visual	2 a 6	-----
Jogo dos pássaros	Poka Yoke	6 a 10	-----
Jogo do barco	Push-Pull One piece flow Balanceamento do trabalho Dimensionamento dos armazéns	6 a 20	-----

O trabalho aqui presente foi desenvolvido para serem aplicadas nove ferramentas distintas (Layout Issue, 5s, TPM, Poka Yoke, Mizusumashi, Kanban, VSM, SMED, Balancing Line), individualmente, mas sequencialmente no mesmo jogo por módulos. Isto quer dizer que estas ferramentas poderão ser utilizadas à medida das necessidades dos formadores que irão lecionar a disciplina com estes temas.

Este jogo de simulação tem as vantagens de ter um tempo, que contempla os 60 a 90 minutos por módulo, aproximadamente a duração duma aula e de ter uma flexibilidade bastante grande com várias ferramentas à disposição. Estas simulações serão devidamente explicadas no capítulo 4 do trabalho, intitulado de Desenvolvimento do jogo, onde é descrito o seu funcionamento e todos os seus passos para que este funcione corretamente e sem problemas.



## 4. DESENVOLVIMENTO DO JOGO

### 4.1. INTRODUÇÃO

O mais importante dos jogos de simulação é apresentarem situações da vida real, permitindo desenvolver a capacidade para a tomada de decisões e perceber, de uma forma simples e eficaz o que se pretende ensinar.

Sendo assim, pretende-se desenvolver um jogo de simulação de um processo produtivo tradicional, onde seja possível aplicar as ferramentas Lean. Neste capítulo serão explicados todos os passos no desenvolvimento do jogo de simulação e as razões que levaram a seguir alguns caminhos em todo o processo. Serão aplicadas três ferramentas Lean; VSM, SMED e, por fim, o balanceamento da linha.

### 4.2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO JOGO

O jogo de simulação presente neste trabalho tem por base, um trabalho já começado pelo Lean Learning Academy com a referência, 503663-LLP-1-2009-1-BE-ERASMUS-ECUE. No jogo pretende-se introduzir as ferramentas Lean isoladamente e por módulos, com o objetivo deste poder ser flexível. Desta forma, cada simulação segue o ciclo do jogo

presente no gráfico circular da figura 14, que pretende representar, de uma forma fácil, o funcionamento do jogo. Assim as etapas a percorrer no jogo são:

- Apresentação da ferramenta a estudar – A ferramenta a estudar é apresentada, com o objetivo dos jogadores perceberem o seu conceito;
- Sugestão de melhorias a efetuar – São dadas sugestões de melhorias baseadas na ferramenta Lean;
- Implementação das melhorias sugeridas – As melhorias são aplicadas para se voltar a realizar nova simulação.
- Início da simulação;
- Avaliação do desempenho do jogo – Consiste na avaliação do jogo, verificando se a simulação correu conforme o esperado;
- Análise e deteção dos problemas identificados pelos participantes – Serão detetados os problemas resultantes do jogo para posteriormente serem aplicadas soluções de melhorias aplicando as ferramentas Lean;

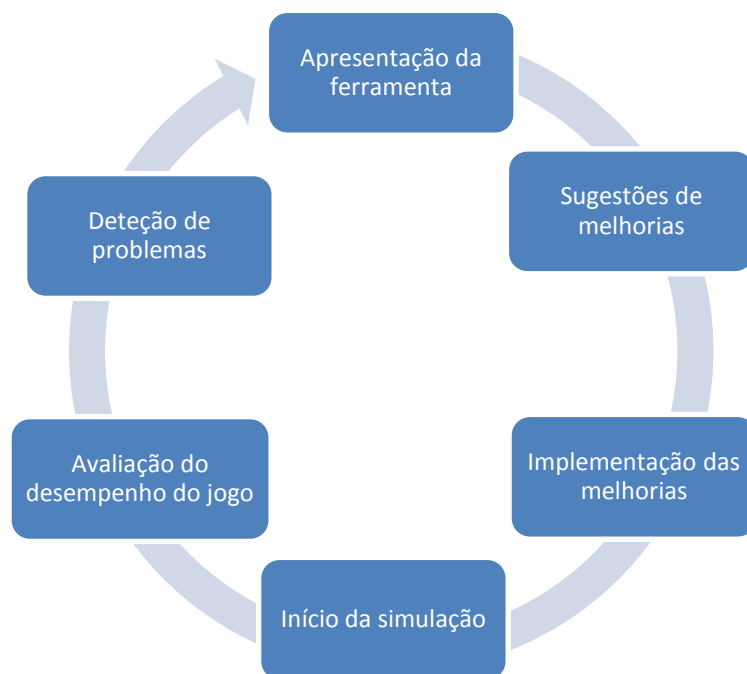


Figura 14 – Ciclo do jogo.



Uma vez que são três as ferramentas estudadas neste trabalho, aplicando o ciclo do jogo acima referido, na figura 15 está representado outro gráfico circular com a sequência de estudo das ferramentas. Cada ferramenta será estudada fazendo um ciclo completo, avançando-se, posteriormente, para o ciclo da ferramenta seguinte. Na detecção de problemas aplicar-se-ão individualmente as ferramentas Lean pela seguinte ordem: VSM, SMED e Balanceamento da Linha.

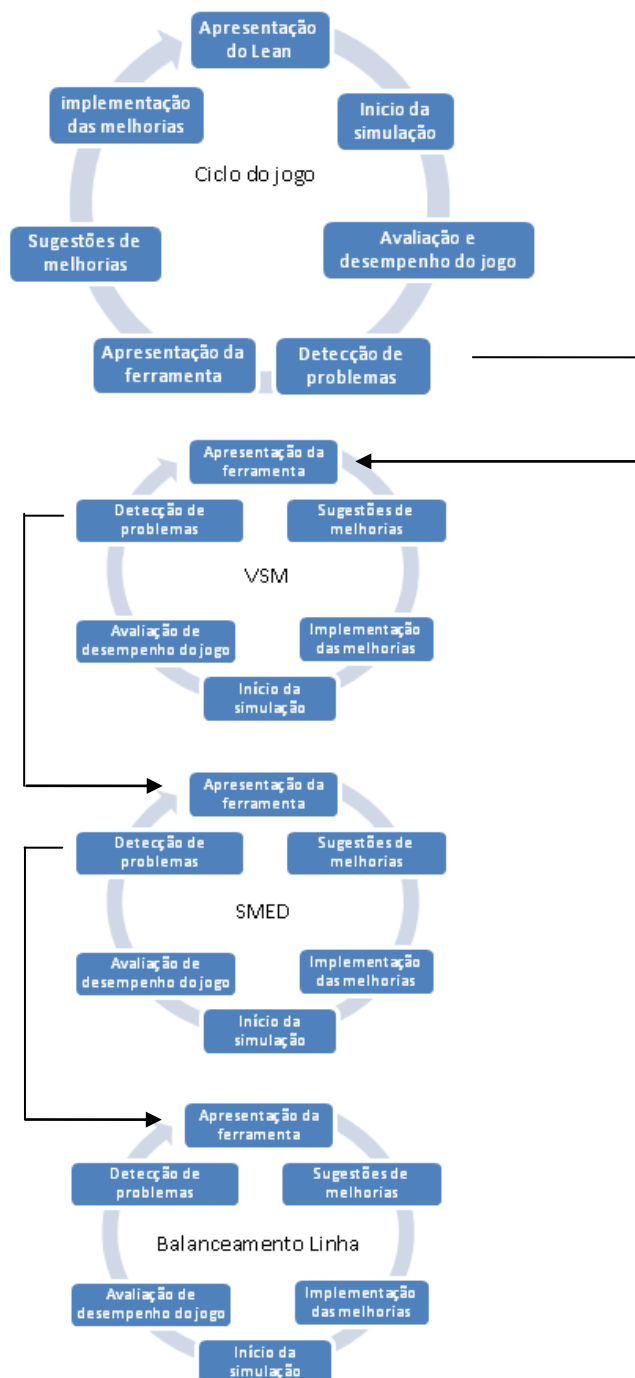


Figura 15 – Ordem de estudo das ferramentas segundo o ciclo do jogo.

Inicialmente será realizada uma primeira simulação do jogo, onde existirá um processo produtivo tradicional, muito semelhante aos encontrados nas empresas, com o objetivo dos intervenientes no jogo poderem analisar o que normalmente acontece na realidade nestas empresas.

Com o intuito de fazer uma análise a todos os desperdícios e perdas existentes no processo tradicional, desenhar-se-á, nesta fase, o mapeamento do processo aplicando desta forma, uma das ferramentas estudadas, o VSM. Posteriormente, irá desenhar-se o mapeamento futuro pretendido, onde se começarão a realizar as melhorias. De seguida, será utilizada a técnica do SMED, onde se tentará reduzir o tempo de setup na troca de uma ferramenta. Posteriormente, utilizar-se-á o método do balanceamento da linha, onde se tentará equilibrar os tempos pelos vários postos de trabalho da simulação. Por último, irá comparar-se os resultados do mapeamento futuro desenhado e pretendido após a primeira simulação, com o mapeamento que se irá desenhar após a última simulação.

Foi escolhida esta sequência de aplicação das ferramentas Lean, pois é a que mais se adequa ao funcionamento do jogo, sendo desta forma corrigidos os problemas encontrados, à medida que vão aparecendo aquando das simulações. Nos vários subcapítulos seguintes passa-se a explicar todos os passos de construção do jogo, bem como o funcionamento das simulações.

### **4.3. CONSTRUÇÃO DO JOGO**

#### **4.3.1. OBJETIVOS**

Esta situação inicial tem como objetivo criar um jogo de simulação que seja dinâmico, fácil de jogar e que caracterize o processo produtivo de uma empresa, onde seja possível, posteriormente, aplicar as ferramentas lean.

#### **4.3.2. CRIAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO**

Para a criação e desenvolvimento do processo produtivo do jogo de simulação, foram definidas como principais restrições de trabalho a utilização do Laboratório de Sistemas de Produção (LSP) com uma área de cerca de 30m<sup>2</sup>, a utilização no máximo de nove mesas de trabalho com as dimensões de 1.2mx0.8m e a utilização no máximo de nove cadeiras com as dimensões de 0.5x0.5m.

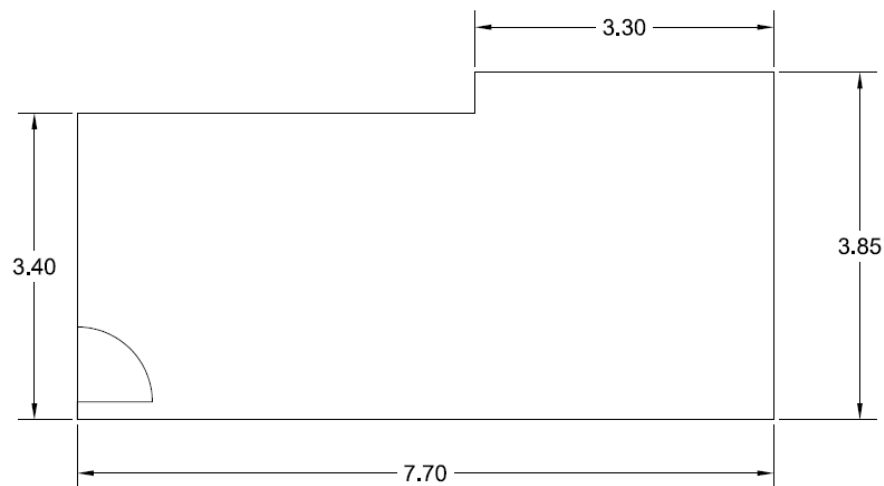


Figura 16 - Laboratório de sistemas da produção com 7.70x3.85m.

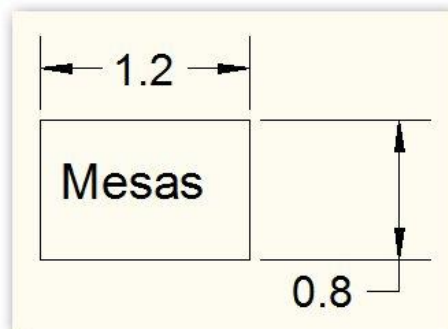


Figura 17 – Mesas de trabalho com as dimensões de 1.2x0.8m.

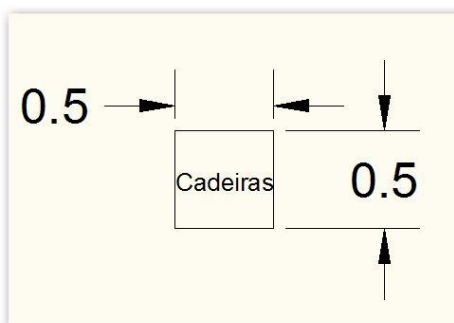


Figura 18 – Cadeiras com as dimensões de 0.5x0.5m.

Como o trabalho segue os trabalhos já realizados pela Lean Learning Academy, a maior restrição do trabalho foi o produto a trabalhar, canetas de três cores diferentes (Azul, Preto e Vermelho).



Figura 19 - Exemplo das canetas usadas.

A vantagem de utilização das canetas é por serem um produto pequeno, de baixo custo, de fácil transporte e de rápida montagem e desmontagem de modo a ser possível a realização de novas simulações sem a perda de grande tempo. De seguida é apresentada a decomposição da caneta, para se perceber como ela é constituída e os agrupamentos definidos para as operações de montagem.

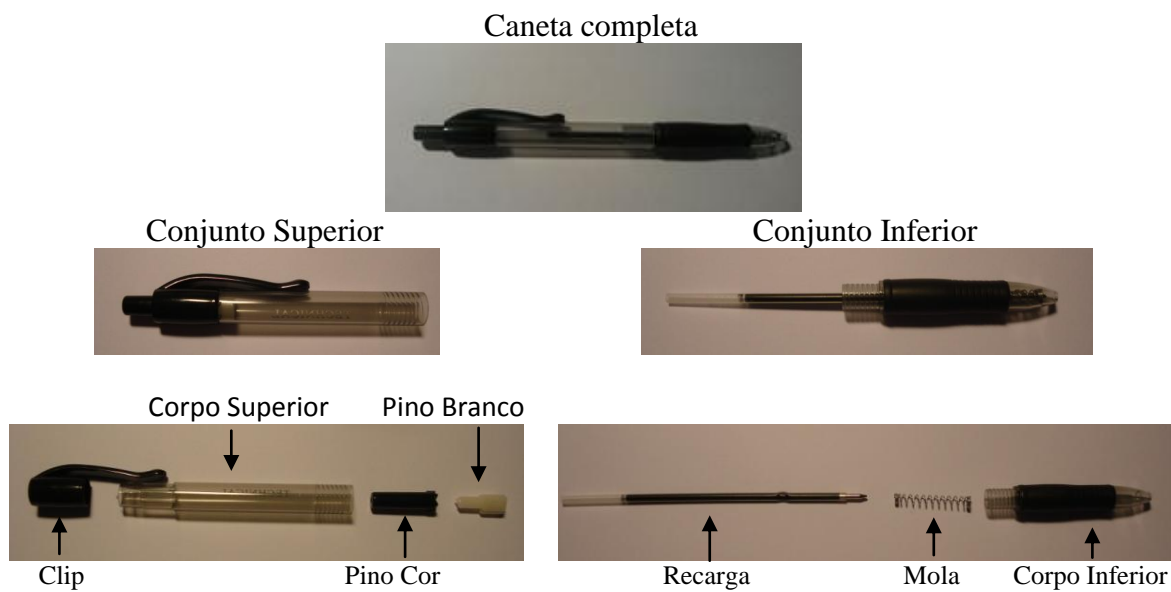


Figura 20 – Decomposição da caneta em peças.

A borracha da caneta que está no conjunto inferior não foi decomposta pois o processo para a retirar e a colocar era bastante complicado e demorado.



Figura 21 - Colocação da borracha na parte de plástico.

Procuraram-se várias soluções para facilitar este processo, mas sem sucesso, por essa razão, decidiu-se realizar as simulações sempre com a borracha colocada. Desta forma abaixo encontra-se uma árvore de produto com a decomposição da caneta.

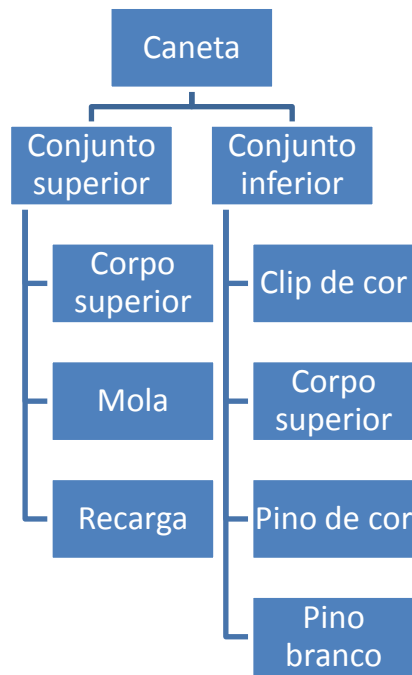


Figura 22 – Decomposição e nomes dados às peças da caneta.

Após as restrições analisadas e definidas, passou-se ao desenvolvimento do sistema produtivo. Desta forma, foi necessário criar algumas bases para que o jogo pudesse funcionar corretamente, a salientar:

- Criar um layout para o processo, que se adapta-se ao espaço existente e às necessidades do jogo;
- Criar um layout para o armazém de componentes das canetas e definir os seus métodos de transporte pois, aquando do jogo, é necessário ter os componentes todos armazenados num local para, posteriormente, serem transportados para os postos de trabalho;
- Definir o processo de embalagem para o processo se tornar o mais parecido com a realidade (embalar as canetas numa caixa selada);
- Definir ajudas e complementos informáticos para ajudar nas simulações e na apresentação dos resultados do jogo;
- Criar toda a documentação do jogo para este se parecer com uma situação real.

Serão pois, estes os aspetos mais importantes para que o processo produtivo funcione convenientemente durante uma simulação. De seguida, estes pontos vão ser explicados ao pormenor e levarão ao estado final do processo produtivo.

#### **4.3.3. LAYOUT DO PROCESSO**

A criação de um layout é um passo muito importante, pois pode condicionar todo o processo produtivo. Para tentar fazer um processo produtivo que simulasse o que se passasse nas empresas, fizeram-se várias tentativas até se chegar aquele que pareceu o mais indicado, apesar das dificuldades encontradas nas limitações de espaço do laboratório.

O posto de trabalho 1 e o posto de trabalho 2 trabalharão em paralelo na montagem do conjunto inferior e superior respetivamente. De seguida, o posto 3 recebe estes dois conjuntos e une-os, passando posteriormente para o posto de controlo de qualidade. Por fim vai para o posto de embalagem (posto 4) e segue para o armazém de produto acabado (considerado a mesa do diretor de produção).



Figura 23 – Laboratório com o layout.

Chegou-se ao layout da figura acima pois, após se montar várias vezes a caneta individualmente, verificou-se que esta, estava dividida em dois grupos (parte superior e parte inferior) e, desta forma, decidiu-se somente criar três postos de montagem (dois para montar os conjuntos e um para uni-los). Tem-se então:

- O posto de trabalho 1 teria a função de montar o conjunto inferior.



Figura 24 – Conjunto inferior da caneta.

- O posto de trabalho 2 teria a função de montar o conjunto superior.



Figura 25 – Conjunto superior da caneta.

- O posto de trabalho 3 teria a função de unir os dois conjuntos previamente montados, dando origem à caneta.



Figura 26 – União das duas partes da caneta.

Como se pretende que o processo seja o mais parecido com a realidade achou-se necessário criar um posto, para controlo de qualidade e outro, de embalagem.

Por último, para o armazenamento dos componentes das canetas, criou-se um armazém de matérias-primas e arranjou-se um posto com um computador para o Diretor de Produção poder emitir as ordens de produção e registar os resultados do jogo no computador.

Desta forma, os sete postos de trabalho teriam que ser distribuídos pelo espaço disponível no laboratório. Para que existisse um bom fluxo de materiais e de pessoas foi necessário arranjar espaço suficiente para as deslocações, chegando-se assim ao layout representado na figura 27.

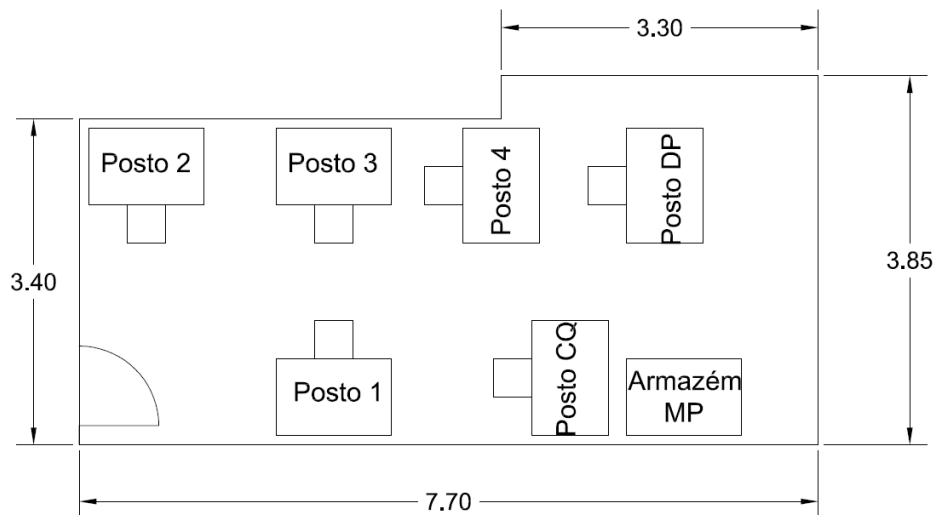


Figura 27 - Layout utilizado para o processo produtivo de canetas.

#### 4.3.4. LAYOUT DO ARMAZÉM E MÉTODOS DE TRANSPORTE DOS COMPONENTES






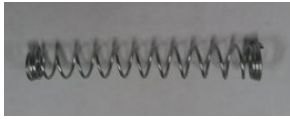

Definido o layout e os postos de montagem da caneta, foi necessário definir o armazém de matérias-primas e o método de transporte destes componentes até aos postos de trabalho.

As canetas foram todas desmontadas e todos os seus componentes foram separados por cor em caixas plásticas. Foi necessário referenciar os vários componentes das canetas com um código numérico para facilitar a sua identificação e requisição de material feita pelo Diretor de Produção. Assim, o critério para a referenciação foi o seguinte:

- Todos os componentes azuis começavam pelo número 11xxxxx;
- Todos os componentes pretos começavam pelo número 22xxxxx;
- Todos os componentes vermelhos começavam pelo número 33xxxxx.
- A mola começava pelo número 44xxxxx;
- O pino branco começava pelo número 55xxxxx;
- Os números restantes do código foram dados a todos os componentes o número zero (xx000xx) e os dois últimos números seguiram um número sequencial dado às peças que vão de 11 a 30 (ex. xx00011).



Tabela 3 - Componentes da caneta.

Referência	Descrição Peça	Fotografia
1100028 2200029 3300030	Clip azul Clip preto Clip vermelho	
1100021 2200022 3300023	Corpo superior azul Corpo superior preto Corpo superior vermelho	
1100025 2200026 3300027	Pino azul Pino preto Pino vermelho	
5500024	Pino geral branco	
1100011 2200012 3300013	Recarga azul Recarga preta Recarga vermelha	
4400014	Mola	
1100015 2200016 3300017	Corpo inferior azul Corpo inferior preto Corpo inferior vermelho	

Referenciados os componentes, criou-se um armazém de matérias-primas para abastecimento dos postos de trabalho, durante as simulações. O armazém teve que ser organizado de modo a ser fácil e rápido localizar os componentes pretendidos fazendo-se uma distribuição dos materiais a mais adequadamente possível. O esquema do layout encontra-se na imagem abaixo.

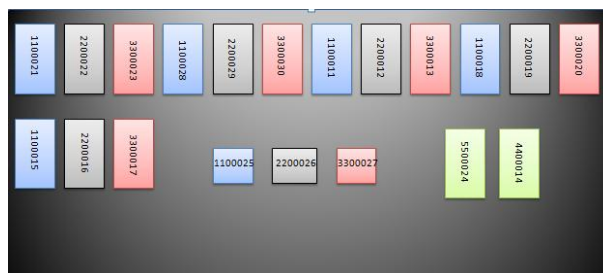


Figura 28 – Layout do armazém de componentes.



Figura 29 – Armazém de componentes.

Os componentes ficaram organizados por tipo de peça, assim, a mesma peça ficou junta nas três cores, pois pensou-se que seria mais fácil encontrar a cor da peça pretendida.



Figura 30 – Mesmo tipo de peça junta por cor.

O armazenamento será realizado da seguinte forma:

- Os pinos serão colocados em caixas plásticas pequenas (SUC.0), pois são peças pequenas, não justificando estarem em caixas grandes.
- Todas as restantes peças serão colocadas em caixas grandes (SUC.A).

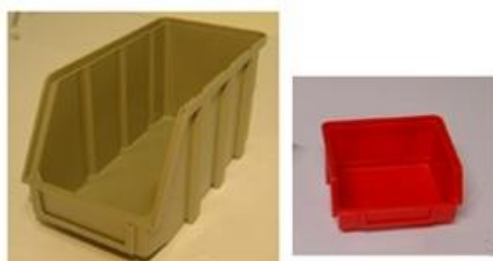


Figura 31 - Caixas usadas para armazenamento de material no armazém.

Após uma análise ao armazém, concluiu-se que não seria a solução mais indicada, pois verificou-se que existia uma certa dificuldade em encontrar os componentes pretendidos e

o acesso era um pouco difícil. Para melhorar o armazém, foi criada uma estrutura nas oficinas do ISEP, com três pisos, de modo a facilitar o acesso e a obter uma melhor organização dos componentes.



Figura 32 – Nova disposição do armazém.

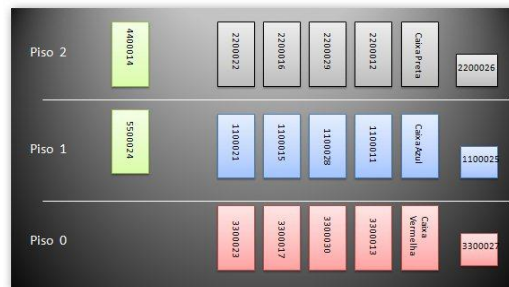


Figura 33 – Layout da nova disposição do armazém.

Os componentes ficaram organizados em pisos e por cores conforme a figura em cima o comprova, tornando-se mais fácil encontrar um componente pretendido e melhorando o abastecimento.

Outra melhoria realizada foi a criação de recipientes para colocação da quantidade exata pedida na ordem de produção dos componentes.

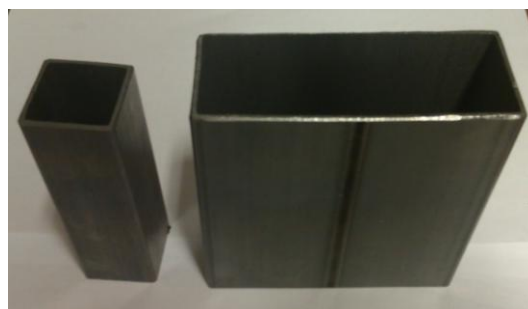


Figura 34 – Exemplo dos recipientes preparados para a ordem de produção.

Com este método de armazenagem, torna-se muito mais rápido o abastecimento dos postos, uma vez que basta pegar no recipiente já com a quantidade certa e colocar na caixa de transporte.

O transporte de componentes do armazém até aos postos de trabalho, será feito através das caixas plásticas grandes. O material necessário para cada posto, será virado do recipiente, com a quantidade exata, para dentro de uma caixa plástica grande. O transporte de produto intermédio, entre postos, será feito através de racks de madeira. Esta parte do trabalho vai ser explicada mais à frente aquando da explicação da simulação.

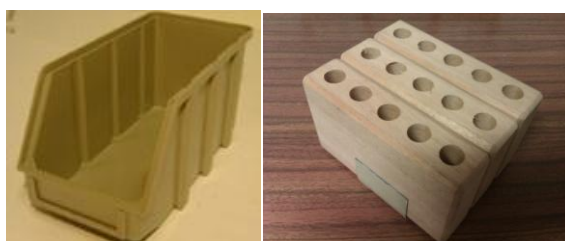


Figura 35 – Caixa e rack de madeira usados para transporte de material.

Os racks de madeira existentes no trabalho foram feitos de modo a poder ter várias configurações aquando da aplicação do kanban no trabalho (ferramenta estudada e aplicada por outro aluno no trabalho). Assim os racks são flexíveis e poderão transportar 5 ou 15 canetas. Por esta razão, decidiu-se optar por cada lote de produção ter 15 canetas.

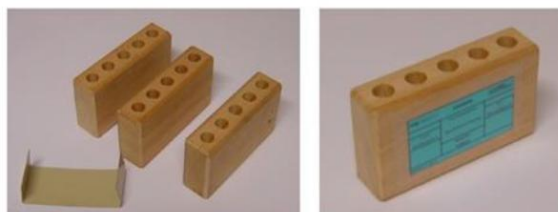


Figura 36 – Configurações dos racks de madeira.

#### **4.3.5. EMBALAGEM**

Após o armazém de matérias-primas definido, foi necessário passar ao passo seguinte, definir o método de embalagem. O objetivo neste posto era embalar as canetas numa caixa que fosse selada de modo a tornar o posto o mais parecido com a realidade das empresas.

O número de canetas a embalar foi um desafio, pois, apesar de se ter definido que a quantidade a produzir seria de 15 canetas por lote, devido aos racks de madeira, achou-se melhor embalar 5 canetas de cada vez. Desta forma, torna-se mais fácil o trabalho da pessoa que estiver no posto de embalagem e desgasta muito menos as caixas na sua utilização.

Definida a quantidade a embalar foi necessário criar a caixa. Inicialmente foi projetada uma caixa muito tradicional, com um tampo e um fundo. Contudo, apesar de ser uma caixa simples de fazer, esta necessitaria que existisse colagem das abas e de um modo de fixação da tampa.



Figura 37 – Caixa projetada.

Posteriormente, foi desenvolvido outro tipo de caixa de encaixe, já mais elaborada, ao estilo das que existem nos correios. Escolheu-se esta caixa para o posto de embalagem porque após a construção do primeiro protótipo verificou-se que era a mais adequada ao trabalho, tratando-se de uma caixa de fácil e rápida construção, sem operações complicadas para a sua obtenção, bastando imprimir o desenho numa folha de formato A4, cortar e dobrar. Para mais fácil identificação das canetas embaladas, escreveu-se no desenho da caixa a cor desta.

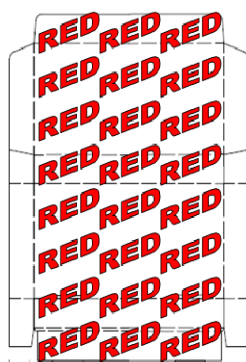


Figura 38 – Caixa de embalagem das canetas espalmada.



Figura 39 – Caixa para embalagem das canetas dobrada.

No entanto, apesar desta caixa ser o ideal para o jogo, por vezes não fechava totalmente e abria-se sozinha. Para tentar resolver esse problema criou-se um método de fecho que não danificasse a caixa durante as simulações, pois pretendia-se que a caixa fosse reutilizável. A solução encontrada foi a colocação de uma tira de papel à volta da caixa de modo a ser possível fechá-la convenientemente. Esta tira de papel foi projetada com o logotipo do ISEP e do LSP.

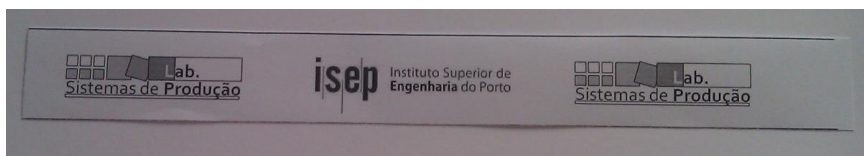


Figura 40 - Tira de papel para fechar a caixa.

Para fixar esta tira de papel na caixa foi necessário arranjar umas etiquetas autocolantes para colagem rápida.

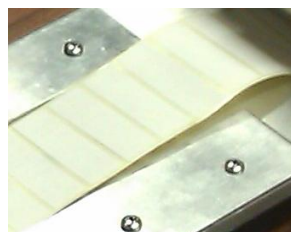


Figura 41 – Etiquetas autocolantes para colar na tira de papel.

Foi então que se achou interessante estas etiquetas autocolantes terem um código de barras com a descrição e a cor das canetas presentes na caixa, conforme as imagens abaixo o demonstram.



Figura 42 - Formato das etiquetas carimbadas.

Desta forma, conseguiu-se arranjar três carimbos de mola conforme aquilo que se pretendia.



Figura 43 – Carimbo utilizado.

Após a definição do método de fecho da embalagem, pensou-se que seria interessante construir um mecanismo onde estivessem acoplados os carimbos para, posteriormente, no trabalho, serem aplicadas duas ferramentas Lean, o SMED e o TPM (esta última, a ser desenvolvida e estudada por outro colega).

Assim, criou-se um mecanismo que carimbasse uma etiqueta autocolante com os códigos de barras das três cores diferentes. Trata-se de um mecanismo de alavanca, que foi adaptado de um sistema de furação.

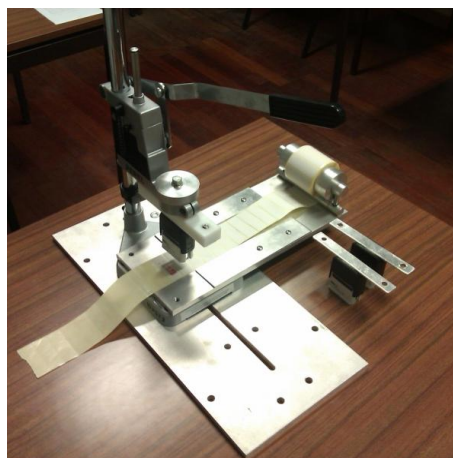


Figura 44 - Mecanismo de carimbar etiquetas.



Os passos de conversão e adaptação do mecanismo foram os seguintes:

- Foi criada uma base de sustentação em alumínio do mecanismo e presa com parafusos.
- Foi criada uma outra base de sustentação em alumínio que serve de base ao carimbo e fixa também por parafusos.
- Foram criadas duas peças paralelepípedicas em nylon (uma para encaixe do parafuso através de sistema de aparafusamento e outra para encaixe rápido do carimbo) e presa a uma peça cilíndrica que estará na parte oscilante do mecanismo.
- Aos três carimbos foram colados com araldite uma chapa de alumínio, de modo a estas poderem ser aparafusadas ou encaixadas à peça de nylon.
- Numa das extremidades da base de sustentação do carimbo foi colocado um suporte para os rolos das etiquetas autocolantes.
- Na base de sustentação e na outra extremidade da mesma, foram criados guiaamentos para as etiquetas.

A troca de carimbos será feita pelo desaperto e aperto de dois parafusos que unem a chapa do carimbo à peça em nylon.

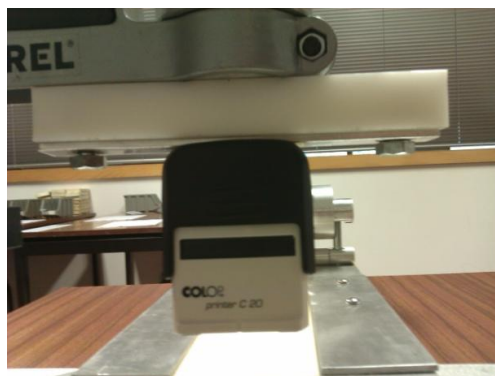


Figura 45 – Sistema de aperto dos carimbos à peça em nylon por dois parafusos.

Desta forma, o posto de embalagem terá uma tarefa bastante complexa tendo que colocar cinco canetas dentro de uma caixa, colocar o carimbo correto na máquina de carimbar, carimbar uma etiqueta na cor correta e colar a etiqueta na tira de papel que estará à volta da caixa.



Na imagem abaixo, é possível ver as caixas de embalagem das três diferentes cores, completas e fechadas e assim verificar que o jogo tem um processo de embalagem bastante completo e parecido com o processo real existente nas empresas.



Figura 46 - Exemplo da embalagem completa nas três cores.

#### 4.3.6. COMPLEMENTOS INFORMÁTICOS

Para ajudar nas simulações, foram criados dois auxiliares informáticos, sendo um deles um cronómetro e o outro, um programa para introdução dos dados da simulação.

O cronómetro foi criado em Microsoft Visual Basic de modo a ser possível projetá-lo na parede através de um computador e um retroprojektor, tem o objetivo de informar os postos de trabalho do tempo total de simulação e o tempo de trabalho.

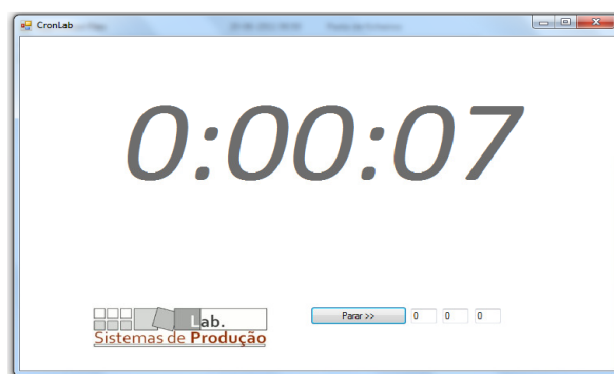


Figura 47 - Cronometro para tomada de tempos.

Em Microsoft Excel foi criado um programa onde serão introduzidos os tempos de cada posto, calculando posteriormente noutra folha de cálculo os tempos de produção e os tempos de paragem dos postos de trabalho. Esta folha serve para, no final de cada simulação, serem analisados os dados e se chegar a uma conclusão acerca da simulação.

OP/Lote/Cor	Posto 1					Posto 2				
	Tempo Inicial	Tempo Inicial (s)	Tempo Final	Tempo Final (s)	Produção Total	Tempo Inicial	Tempo Inicial (s)	Tempo Final	Tempo Final (s)	Produção Total
OA/30/Vermelho										
OA/31/Preto										
OA/32/Vermelho										
OA/33/Azul										

Figura 48 - Exemplo da folha de introdução de dados para o PT1 e PT2.

Nesta folha é necessário preencher os campos em branco mediante os tempos presentes nas ordens de produção no formato “min:seg” e, posteriormente, converter para segundos. Como irá existir material em curso durante as simulações as 4 primeiras ordens de produção já estão descritas, sendo somente preciso preencher os campos seguintes.

OP/Lote/Cor	Posto 1				
	Tempo Inicial	Tempo Inicial (s)	Tempo Final	Tempo Final (s)	Produção Total
OA/30/Vermelho	0:00	0	0:00	0	0
OA/31/Preto	0:00	0	0:00	0	0
OA/32/Vermelho	0:00	0	0:00	0	0
OA/33/Azul	0:04	4	2:58	178	15
OB/34/Azul	05:13	313	08:21	501	15
OB/35/Preto	08:56	536	11:13	673	15
OB/36/Vermelho	11:49	709	14:27	867	15
OB/37/Vermelho	15:00	900	17:14	1034	15
OB/38/Preto	17:52	1072	20:00	1200	13
OB/39/Azul					

Figura 49 - Exemplo da folha de introdução de dados do PT1 preenchida.

Após a correta introdução dos dados, os resultados aparecem noutra folha em Excel, onde estão presentes os tempos de ciclo e de paragem de cada posto, o tempo total de produção e de paragem de um lote, bem como o número de peças acabadas e a percentagem de peças não conformes.

[illegible]

Simulação	OP/Lote/Cor	Tempo PT1 (s)	Tempo paragem PT1 (s)
13-12-2011	OA/30/Vermelho	0	0
	OA/31/Preto	0	0
	OA/32/Vermelho	0	4
	OA/33/Azul	174	135
	OB/34/Azul	188	35
	OB/35/Preto	137	36
	OB/36/Vermelho	158	33
	OB/37/Vermelho	134	38
	OB/38/Preto	128	0
OB/39/Azul	0	0	
Média Tempos		148	36

Nesta mesma folha aparecem gráficos de barras com as médias dos dados obtidos aquando da simulação de modo a ser possível analisá-los de uma forma mais fácil.

#### 4.3.7. DOCUMENTAÇÃO

Para tornar o jogo o mais parecido com o que se passa nas empresas foi criada alguma documentação de trabalho, que fosse intuitiva, fácil de ler e compreender, a saber: instruções de trabalho, ordens de produção, folhas de requisição de materiais ao armazém e folhas de planeamento da produção.

- Instruções de trabalho

Para que todos os participantes possam jogar sem dificuldades foram criadas instruções de trabalho que definem as tarefas a executar em cada posto de trabalho. O jogador após ler a folha da instrução, que estará no seu posto de trabalho, já será capaz de realizar o que lhe foi proposto.

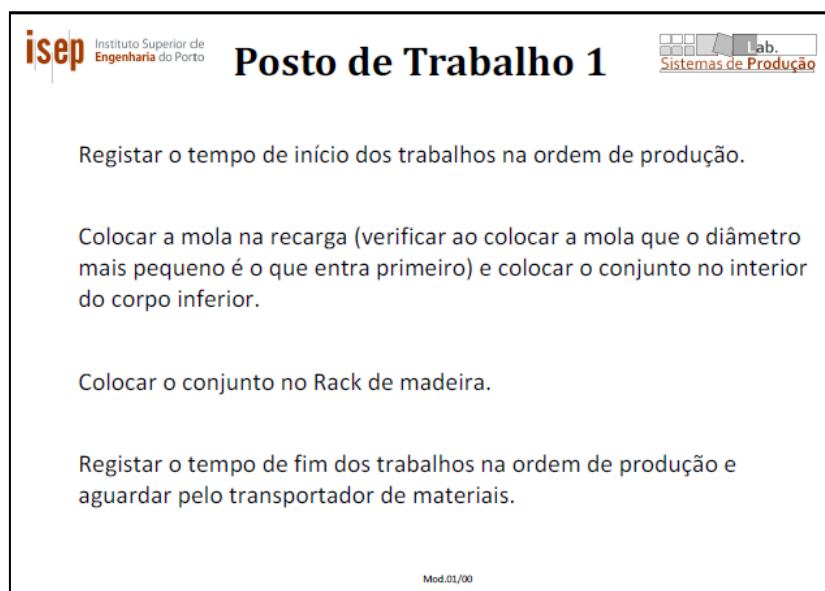


Figura 52 – Exemplo de uma instrução de trabalho.

- Ordens de produção

As ordens de produção fornecidas pelo Diretor de Produção servem para jogadores saberem qual a cor, quantidade e o lote a produzir, bem como para registarem o tempo inicial e o tempo final de produção. Depois serão novamente entregues ao Diretor de Produção, para este introduzir os dados no programa informático.



 Instituto Superior de Engenharia do Porto		Ordem de Produção			
O P N.º: _____		Produto: _____			
Lote N.º: _____		Nº de peças no lote: 15			
Cliente: _____		Pedido Por: _____			
Operação	Descrição da Operação	Posto de trabalho	Tempo Início	Tempo Fim	Assinatura Operador
3	Montar o conjunto inferior (PT1) com o conjunto superior (PT2).	PT 3			
4	Controlo da Qualidade das canetas.	PT CQ			
5	Colocar cinco canetas dentro da caixa. Imprimir uma etiqueta com a cor das canetas. Fechar a caixa com uma fita e selar com a etiqueta.	PT4			

Figura 53 – Exemplo de uma ordem de produção.

- Requisição de materiais

A requisição de materiais é levada pelo Diretor de Produção ao armazém, de modo a este saber quais os componentes necessários e quantidades em cada posto para, entregar ao abastecedor que levará ao posto de trabalho. A pessoa que estará no armazém, também terá que registar na folha os tempos de início e de final e entregar novamente ao Diretor de Produção.



 Instituto Superior de Engenharia do Porto		Requisição de Material			
O P N.º: _____					
Lote N.º: _____					
Ref. Produto	Descrição	N.º de peças	Caixa de Transporte	Entregar ao Posto de Trabalho	Recepção
1100011	Recarga Azul		SUC A	PT 1	
1100015	Corpo Inferior Azul				
4400014	Mola				
1100021	Corpo Superior Azul		SUC A	PT2	
1100025	Pino Azul				
1100028	Clip Azul				
5500024	Pino Branco				
	Caixa Azul		SUC A	PT4	
	Fita				
3300013	Recarga Vermelha		SUC A	PT 1	
3300017	Corpo Inferior Vermelho				
	Mola				
3300023	Corpo Superior Vermelho		SUC A	PT2	
3300027	Pino Vermelho				
3300030	Clip Vermelho				
	Pino Branco				
	Caixa Vermelha		SUC A	PT4	
	Fita				
2200012	Recarga Preta		SUC A	PT 1	
2200016	Corpo Inferior Preto				
	Mola				
2200022	Corpo Superior Preto		SUC A	PT2	
2200026	Pino Preto				
2200029	Clip Preto				
	Pino Branco				
	Caixa Preta		SUC A	PT4	
	Fita				
Requisição		Stock			

Figura 54 – Exemplo da folha de requisição de materiais.

- Planeamento e controlo da produção

Nesta folha, preenchida pelo Diretor de Produção, estão todos os registos da simulação com o número do lote, cor e quantidade de peças produzidas.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> <b>isep</b>  <small>Instituto Superior de Engenharia do Porto</small> </div> <div> <small>Lab.</small>  <b>Sistemas de Produção</b> </div> </div>								
Controlo de Produção								
OP N.º	Lote N.º	Cliente	Produto	N.º de Peças no Lote	Tempo Início OP	Assinatura	Tempo Fim OP	Assinatura

Figura 55 – Exemplo da folha de planeamento da produção.

- Registo de não conformidades

Esta folha será preenchida pelo jogador que estiver no posto do controlo de qualidade, com o objetivo de registar a não conformidade da caneta, caso apareçam.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> <b>isep</b>  <small>Instituto Superior de Engenharia do Porto</small> </div> <div> <small>Lab.</small>  <b>Sistemas de Produção</b> </div> </div>	
<b>Registo não-conformidades</b>	
N.º OP: _____	
N.º Lote: _____	
Produto: _____	
Quantidade: _____	
Descrição da não conformidade: _____	
_____	
_____	
Tipo de Reparação: _____	
_____	
_____	
_____	_____
Director de Produção	Trabalhador
Mod. 06/00	

Figura 56 – Exemplo da folha de registo de não conformidades.

## **4.4. SIMULAÇÃO DA LINHA TRADICIONAL**

### **4.4.1. OBJETIVO DA SIMULAÇÃO**

Foi criada uma simulação inicial que servisse de ponto de partida do jogo e que tivesse o objetivo de mostrar aos instruendos, o funcionamento de um processo produtivo convencional de montagem e embalagem de canetas. Pretende-se fazer uma representação muito semelhante ao que acontece nas empresas, fazendo com que os instruendos consigam visualizar e perceber o fluxo dos produtos e movimentações humanas. Com esta simulação faz-se uma primeira abordagem ao jogo para, posteriormente, serem aplicadas as técnicas Lean de modo ao processo ser aperfeiçoado.

### **4.4.2. SIMULAÇÃO**

Após a construção do jogo, e de todas as condições criadas para o seu funcionamento, realizaram-se várias simulações ao processo criado, com uma turma do mestrado de engenharia industrial do ISEP. As simulações foram realizadas já com material em curso, isto significa que, aquando do começo do jogo, os materiais já se encontravam em todos os postos de trabalho e assim os postos iniciam a simulação, já a executar as suas tarefas. O processo produtivo utilizado na simulação, está descrito abaixo através de um diagrama de processo.

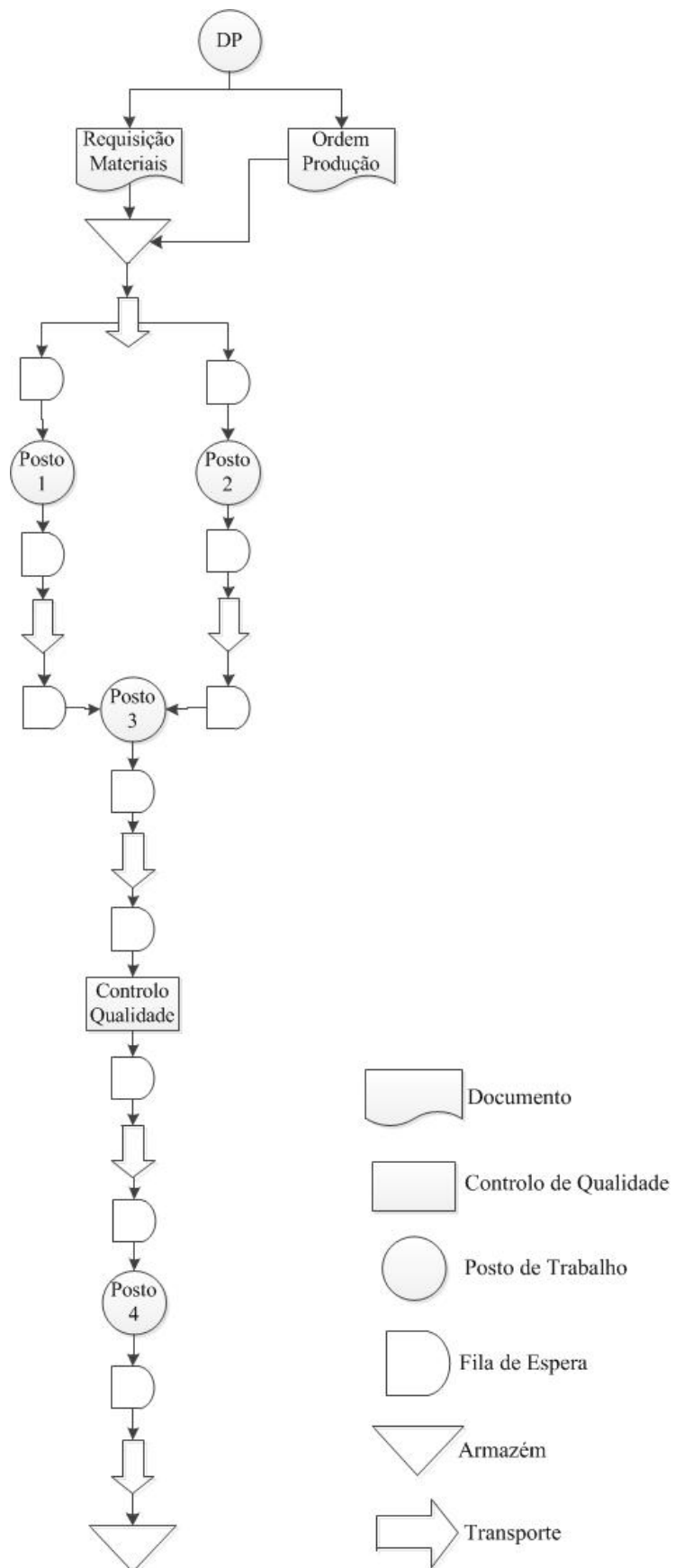


Figura 57 - Diagrama de processo.



A operação 1 (realizada no posto 1 - montagem da parte inferior da caneta) e a operação 2 (realizada no posto 2 - montagem da parte superior da caneta) fazem as suas montagens em paralelo. Seguem, de seguida, para a operação 3 (realizada no posto 3) onde serão unidas as duas partes. Passam pelo controlo de qualidade, onde será realizada uma verificação a parâmetros pré estabelecidos, prosseguindo para a operação 4 (realizada no posto 4), onde será feita a embalagem.

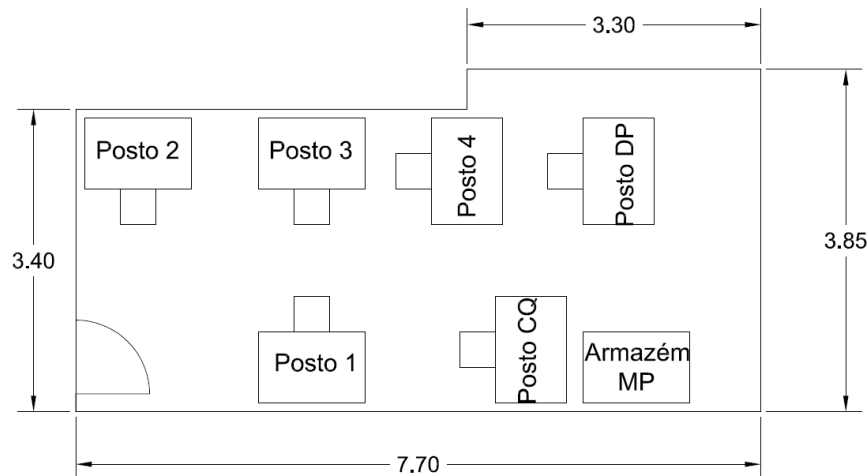


Figura 58 – Layout do processo.

Em seguida, passa-se a explicar detalhadamente a função de cada operação e de cada pessoa no jogo.

- Operação 1
  - Recebe a ordem de produção e os materiais necessários ao fabrico daquela ordem, em caixas plásticas grandes.
  - Aponta o tempo de simulação decorrido através do cronómetro que será projetado, na parede, através de um retroprojektor.
  - Coloca a mola na recarga e coloca este conjunto na parte inferior plástica da caneta.
  - Estes conjuntos montados, deverão ser colocados no rack de madeira existente no posto de trabalho.
  - Finalizada esta ordem de produção deverá registar o tempo final decorrido através do cronómetro que será projetado, na parede, através de um retroprojektor.

- Espera que o transportador leve o rack de madeira para o posto 3 e que traga outra ordem de produção com os componentes numa caixa plástica.
- Operação 2
  - Recebe a ordem de produção e os materiais necessários ao fabrico daquela ordem, em caixas plásticas.
  - Aponta o tempo de simulação decorrido através do cronómetro que será projetado, na parede, através de um retroprojektor.
  - Encaixa o clip na parte superior em plástico e, posteriormente, coloca o pino de cor seguido do pino branco.
  - Estes conjuntos montados deverão ser colocados no rack de madeira existente no posto de trabalho.
  - Finalizada esta ordem de produção deverá registar o tempo final decorrido através do cronómetro que será projetado, na parede, através de um retroprojektor.
  - Espera que o transportador leve o rack de madeira para o posto 3 e que traga outra ordem de produção com os componentes numa caixa plástica.
- Operação 3
  - Recebe os conjuntos montados nos postos 1 e 2 em racks de madeira com duas ordens de produção diferentes.
  - Recebe uma ordem de produção do transportador, levando as duas ordens antigas para o diretor de produção.
  - Aponta o tempo de simulação decorrido através do cronómetro que será projetado, na parede, através de um retroprojektor.
  - Encaixa as duas partes da caneta.
  - Coloca as canetas montadas em caixas de plástico.
  - Regista o tempo na ordem de produção, através do cronómetro que será projetado, na parede, através de um retroprojektor.
  - Espera que o transportador leve a caixa de canetas montadas para a inspeção da qualidade e os racks de madeira para os postos 1 e 2 e que por fim traga mais canetas para montagem.
- Controlo de qualidade
  - Recebe do transportador as canetas vindas do posto 3 com ordem de produção.

- Aponta o tempo de simulação decorrido através do cronómetro que será projetado, na parede, através de um retroprojektor.
- Deve fazer inspeção a 3 canetas.
  - Verificar se a tinta da recarga corresponde à cor da caneta.
  - Abrir três canetas para verificar se a mola está bem montada (Diâmetro menor encostado à reentrância da recarga).
- Se encontrar 1 caneta não conforme, deverá rejeitar a caneta e apontar na folha de não conformidades, chamar o transportador para levar o resto do lote para embalar.
- Se encontrar 2 não conformidades, deverá recusar o lote e informar o diretor de produção para fazer um novo lote.
- As canetas conformes avançarão para o posto de trabalho seguinte pelo transportador.
- Finalizada a ordem de produção deve registar o tempo de simulação na ordem de produção, através do cronómetro que será projetado, na parede, através de um retroprojektor.
- Espera que o transportador leve as canetas para o posto 4 e traga outras canetas para verificação.
- Operação 4
  - Recebe as canetas do controlo de qualidade com a ordem de produção.
  - Aponta o tempo de simulação decorrido através do cronómetro que será projetado, na parede, através de um retroprojektor.
  - Irá embalá-las nas caixas referentes à cor em lotes de 5 canetas.
  - Terá que carimbar uma etiqueta referente à cor das canetas e colá-la numa fita que selará a caixa.
  - Finalizada a ordem de produção deve registar o tempo de simulação na ordem de produção, através do cronómetro que será projetado, na parede, através de um retroprojektor.
  - Espera que o transportador leve as canetas para o armazém final (considerado a mesa do diretor de produção) e que traga novas canetas.
- Abastecedor (Responsável do armazém)
  - Recebe a requisição de materiais e a ordem de produção, do diretor de produção.
  - Aponta o tempo de início na requisição de material.

- Coloca os materiais necessários e a ordem de produção numa caixa plástica.
- Regista novamente o tempo de fim.
- Espera que o transportador leve o material para o posto de trabalho e que o diretor de produção entregue nova requisição de materiais e ordem de produção.
- Transportador
  - Leva os materiais do armazém para os postos de trabalho
  - Faz a transferência de racks e caixas de plástico entre postos.
- Diretor de Produção
  - Entrega as ordens de produção e a requisição de material ao abastecedor.
  - Recebe as ordens de produção do transportador.
  - Regista a produção.

#### **4.4.3. AGENDA DA SIMULAÇÃO**

Para a realização da simulação encontra-se no Anexo A um manual do jogo, onde o facilitador ou “game master” (pessoa que orienta o jogo) poderá ler, com o objetivo de fazer as simulações sem dificuldade. Contudo para facilitar a leitura do trabalho presente, é apresentado um quadro resumo dos principais recursos para a execução do jogo.

Tabela 4 – Agenda da simulação.

Nº	Ação	Ferramentas Necessárias	Duração (min)	Efeitos da Ação
1	Apresentação e explicação do jogo	Computador, retroprojektor e apresentação em PowerPoint	15	Dar a conhecer o funcionamento do jogo
2	Preparação do laboratório para realização da simulação	Material de simulação	10	Preparar o laboratório com todo o material necessário para a realização da simulação
3	Realização de um treino de simulação	Material de simulação	5	Adaptação ao jogo
4	Realização da simulação	Material de simulação	20	Mostrar aos jogadores o funcionamento de uma linha produtiva
5	Análise dos problemas encontrados na simulação	Computador e retroprojektor ou quadro magnético	5	Discussão dos resultados obtidos após a simulação
6	Sugestões de melhorias	Quadro magnético	15	Discutir sobre as melhorias a efetuar no processo após a apresentação dos resultados
7	Apresentação do VSM	PowerPoint com VSM para apresentação	15	Dar a conhecer a ferramenta

#### 4.4.4. ANÁLISE DOS DADOS

Foram realizadas várias simulações com este processo produtivo tradicional e verificou-se que estava conforme o pretendido.

Os tempos presentes neste trabalho são as médias dos tempos (em segundos) obtidos na última simulação realizada, onde é possível analisar os tempos de ciclo e os tempos de paragem de cada posto, por lote de 15 canetas, bem como o tempo total de produção e o tempo total de paragens (desperdícios).

Tabela 5 – Média dos valores obtidos na última simulação.

### Média dos tempos obtidos

	PT1	PT2	PT3	CQ	PT4	Armazém
Tempo Posto (seg.)	148	135	125	47	178	73
Tempo Paragem Posto (seg.)	36	28	31	230	109	51
Tempo Total Produção (seg.)	498					
Tempo Total de Paragem (seg.)	406					

Através da tabela foi possível realizar um gráfico com os valores médios obtidos. Deste modo, é possível verificar que existem tempos de paragem nos postos, sendo o maior, o do posto de controlo de qualidade. Como se trata do posto mais rápido do processo, origina um maior tempo de espera.

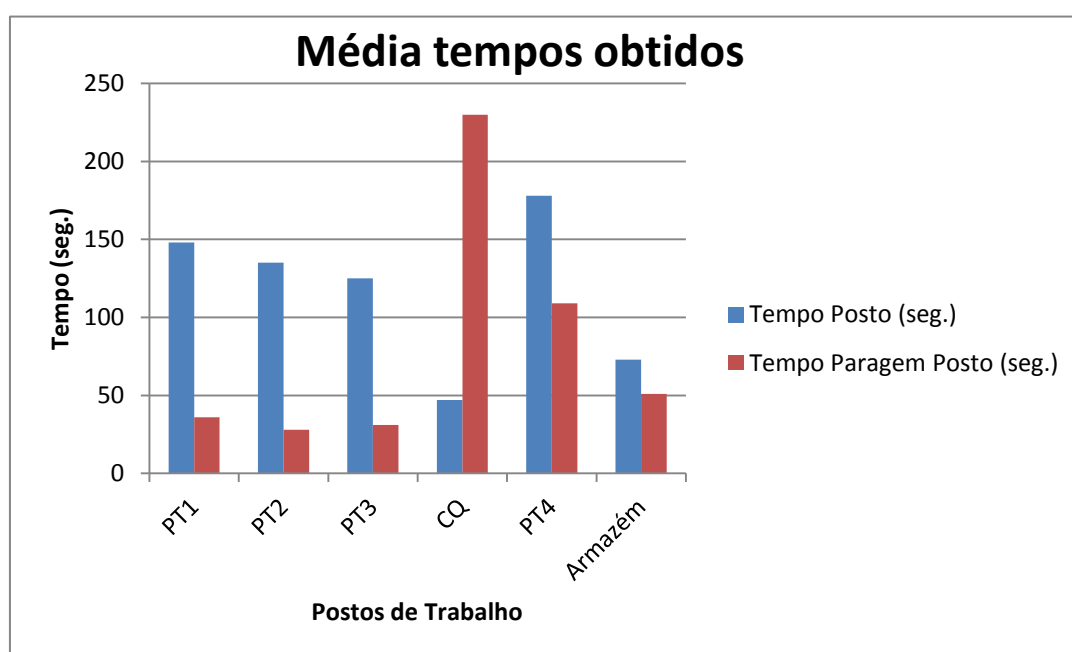


Gráfico 2 – Gráfico dos valores médios obtidos.

Nos tempos de produção, o PT4 é o que apresenta o tempo maior, devendo-se à troca de carimbo, que é necessário efetuar. O posto mais rápido é o controlo de qualidade, pois é o que apresenta as operações mais simples.

De resto os tempos de transporte são bastante razoáveis. O tempo mais alto de 88 segundos deve-se ao tempo de abastecimento no armazém e transporte. Em baixo encontra-se uma tabela com esses dados.

Tabela 6 – Tempos de transporte da simulação.

**Tempos de transporte entre postos (seg.)**

Armazém MP	→	PT1	→	PT2	→	PT3	→	QC	→	PT4	→	Armazém
	88		12		11		8		8		6	
133												

No final desta simulação, conseguiu-se produzir 4 lotes de 15 canetas (60 canetas no total), ficando um lote de mais 15 canetas em produção quando o jogo foi finalizado.

#### 4.4.5. RESUMO

Foi possível desenvolver a base do jogo de simulação no laboratório de sistemas da produção, que representasse um processo produtivo, semelhante aos existentes nas empresas. Conseguiu-se desenvolver um layout funcional, criar racks de madeira para transportar o material em curso, criar a documentação necessária para o desenrolar do jogo e criar uma caixa adequada para a embalagem das canetas. Desenvolveu-se ainda um mecanismo para carimbar etiquetas que identificará a cor das canetas presentes na embalagem.

Durante as simulações realizadas, verificou-se que existiram alguns problemas, como é o caso de uma grande desorganização de fluxo dos materiais e das pessoas provocando algum tempo de paragem nos postos de trabalho. Pelo motivo atrás descrito, o tempo total de paragem é bastante elevado, quase igualando o tempo total de produção, antevendo assim a existência de muitos desperdícios no processo.

Deste modo, pretende-se aplicar as ferramentas Lean estudadas, com o objetivo de corrigir os problemas encontrados e, mostrar aos instruendos, as vantagens e eficácia destas ferramentas.

#### 4.5. APLICAÇÃO DO VSM

Como já foi referido anteriormente neste trabalho o VSM é uma das ferramenta da filosofia Lean que ajuda a visualizar o fluxo de material e informação de um produto através da cadeia de valor, permite obter uma visão geral de todo o processo, sendo capaz de identificar os desperdícios daí resultantes.

#### 4.5.1. OBJETIVOS

Sabendo que esta ferramenta ajuda a visualizar o fluxo do processo, o principal objetivo com a aplicação desta técnica é desenhar o processo realizado na primeira simulação e fazer uma análise de tudo o que poderá ser melhorado. Aí, desenhar-se-á o estado futuro do processo com as melhorias pretendidas.

#### 4.5.2. APLICAÇÃO DO VSM

Neste caso irá desenhar-se um mapeamento da situação inicial do processo atrás descrito e, posteriormente far-se-á um mapeamento do estado futuro pretendido, em função das outras duas ferramentas a aplicar neste trabalho.

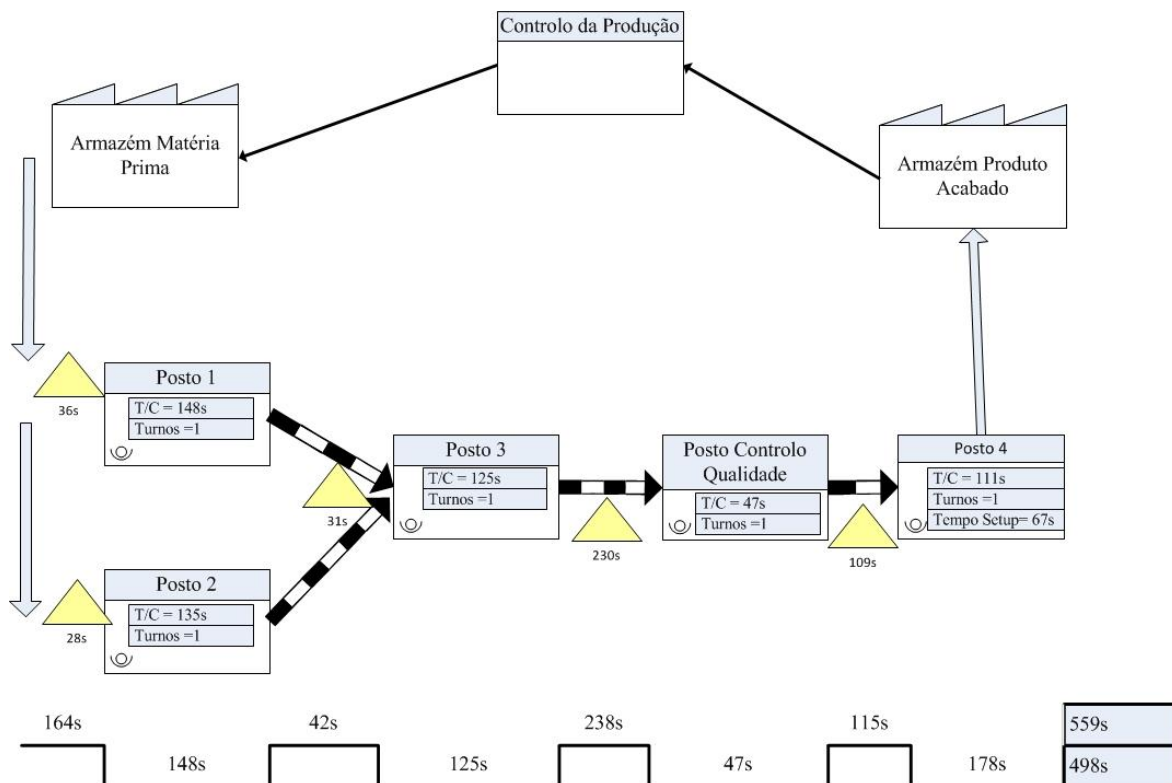


Figura 59 – Mapeamento do estado atual.

Após o desenho do VSM por parte dos instruendos, estes terão que conseguir identificar todos os desperdícios existentes no processo, a salientar:

- Grandes tempos de paragens dos postos de trabalho;
- Grande tempo de Setup do PT4;
- Tempos dos vários postos de trabalho desequilibrados.



Pelo mapeamento do estado atual do processo é possível verificar que as paragens nos postos se poderão dever ao tempo de abastecimento do armazém, já que o tempo de abastecimento e transporte é algo lento em relação aos tempos de produção. Observa-se também que existe um tempo de setup bastante elevado, devido à mudança de carimbo que é necessário fazer em cada ordem de produção e do tempo de controlo de qualidade que é bastante rápido em relação aos restantes postos, desequilibrando assim o processo. Deste modo, o objetivo seguinte passa por diminuir o tempo de mudança de ferramenta no posto 4 e posteriormente balancear o processo. Pensa-se que os tempos entre todos os postos ficarão mais equilibrados e o processo funcione corretamente. Abaixo encontra-se desenhado o mapeamento pretendido, através dos objetivos propostos aquando da verificação dos problemas encontrados na primeira simulação.

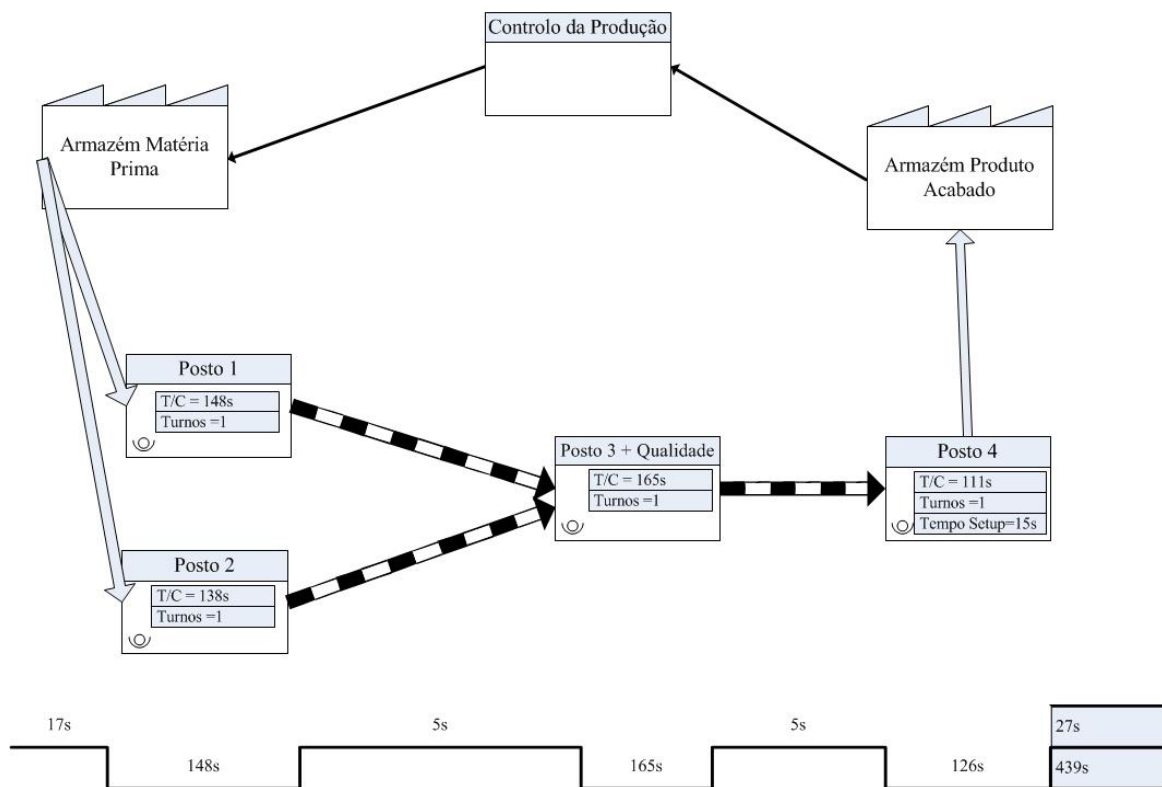


Figura 60 – Mapeamento do estado futuro.

Após a aplicação de todas as ferramentas Lean e do processo corrigido, irá desenhar-se um VSM do estado final e comparar com o VSM proposto com o intuito de se saber se os objetivos de melhoramento de processo pretendidos foram atingidos.

No anexo B deste trabalho é possível encontrar um manual do jogo para a aplicação do VSM, onde estão explicados todos os passos para a concretização desta ferramenta no jogo de simulação.

#### **4.5.3. RESUMO**

Foi possível desenhar muito facilmente o estado atual do processo, resultante da primeira simulação, bem como encontrar possíveis melhorias para um novo desenho do processo melhorado.

Assim, com a aplicação desta ferramenta os jogadores poderão rapidamente perceber que com a aplicação de um método tão simples será possível ver e analisar toda a cadeia de valor num processo produtivo.

#### **4.6. APLICAÇÃO DO SMED**

A troca de ferramentas ou a preparação de equipamentos nos postos de trabalho é uma operação que não acrescenta qualquer tipo de valor acrescentado para o produto. Logo, é importante arranjar forma para reduzir esse tempo, de forma a ser o mínimo possível.

O SMED pode ser dividido em operações internas que são todas as operações que tem que ser executadas com a máquina ou posto parado, e em operações externas que são todas as operações que podem ser executadas com o posto ou a máquina em funcionamento.

##### **4.6.1. OBJETIVO DA APLICAÇÃO DO SMED**

Como foi observado no ponto anterior relativo ao VSM, um dos objetivos propostos, foi a diminuição do tempo de mudança de carimbo no processo. Para a diminuição desse tempo é necessário criar as condições necessárias. Depois terá que ser realizada uma simulação utilizando o mesmo processo produtivo da simulação inicial, mas utilizando a prática do smed.

##### **4.6.2. NOVO MÉTODO DE TROCA DE CARIMBO**

Inicialmente o mecanismo de carimbar as etiquetas era constituído por uma máquina de alavanca e por uma peça em nylon onde eram aparafusados os carimbos, conforme as imagens abaixo o podem representar.

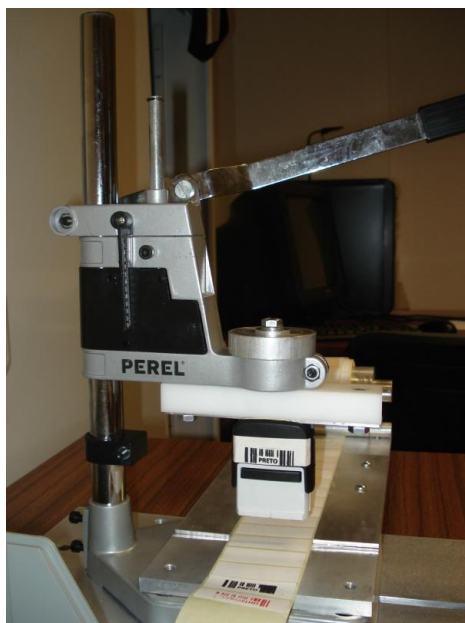


Figura 61 – Mecanismo para carimbar as etiquetas.



Figura 62 – Método de fixação por parafusos.

Através deste mecanismo, sempre que fosse necessário mudar de carimbo era preciso desapertar dois parafusos (os que seguravam o carimbo à peça em nylon), trocar de carimbo e voltar a apertar os parafusos, tornando este processo bastante demorado.

Para evitar este demorado processo, foi criado outra peça em nylon bastante semelhante à anterior, mas onde está presente um encaixe rápido de mola em vez dos habituais parafusos para fixação.



Figura 63 – Método de fixação por encaixe rápido.

Com este tipo de encaixe é possível diminuir o tempo de mudança de carimbo para poucos segundos. Basta puxar a mola para retirar o carimbo e encaixar o novo carimbo.

#### 4.6.3. AGENDA DA SIMULAÇÃO

Para a realização da simulação encontra-se no Anexo C um manual do jogo, onde o facilitador do jogo poderá ler, com o objetivo de fazer esta simulação sem dificuldade. Contudo para facilitar a leitura do trabalho presente, é apresentado um quadro resumo dos principais recursos para a execução do jogo.

Tabela 7 – Agenda da simulação.

Nº	Ação	Ferramentas Necessárias	Duração (min)	Efeitos da Ação
1	Explicação da ferramenta	Computador com apresentação em PowerPoint e retroprojeter	15	Dar a conhecer o SMED
2	Sugestões de melhorias	Quadro magnético	10	Discutir sobre as melhorias a efetuar no processo
3	Implementação das melhorias	Material de simulação	10	Preparar o processo produtivo com as melhorias decididas anteriormente
4	Realização da simulação	Material de simulação	20	Mostrar aos jogadores o funcionamento e as vantagens de utilização do SMED
5	Apresentação dos resultados e deteção de problemas	Computador e retroprojeter ou quadro magnético	10	Ver os resultados obtidos e analisar possíveis problemas encontrados

#### 4.6.4. RESULTADOS OBTIDOS

Depois de aplicado este novo tipo de encaixe de carimbos verificou-se que os tempos de mudança dos carimbos desceram bastante de uma média de 67s, para uma média de 7s. Este resultado vem comprovar como o SMED é importante para a redução dos tempos de troca de ferramenta, tornando assim os equipamentos mais flexíveis. Em baixo estão presentes as médias dos tempos resultantes da última simulação efetuada com a aplicação desta ferramenta.

Tabela 8 – Resultados obtidos inicialmente sem SMED.

**Média dos tempos antes da aplicação do SMED**

	PT1	PT2	PT3	CQ	Troca Ferramenta PT4	PT4	Armazém
Tempo Posto (seg.)	148	135	125	47	67	111	73
Tempo Paragem Posto (seg.)	36	28	31	230	-----	109	51
Tempo Total Produção (seg.)	498						
Tempo Total de Paragem (seg.)	406						

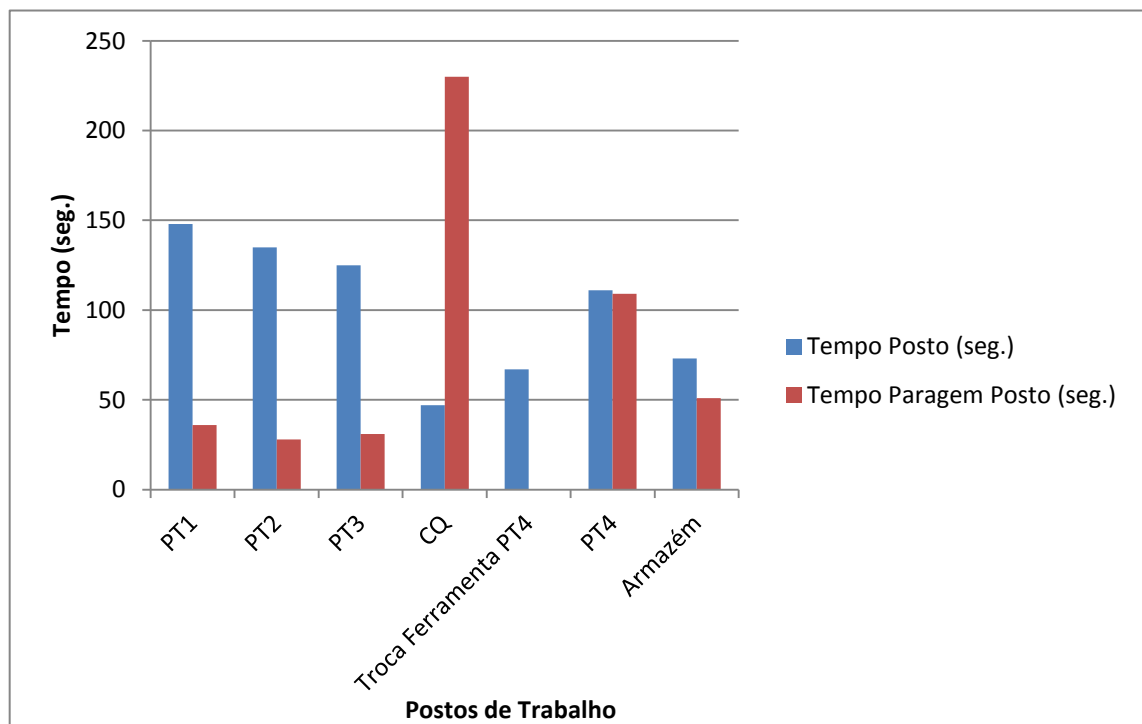


Gráfico 3 – Média dos tempos antes da aplicação do SMED.

Tabela 9 – Resultados obtidos após aplicação do SMED.

**Média dos tempos após a aplicação do SMED**

	PT1	PT2	PT3	CQ	Troca Ferramenta PT4	PT4	Armazém
Tempo Posto (seg.)	152	140	129	45	7	103	72
Tempo Paragem Posto (seg.)	29	31	27	201	-----	45	42
Tempo Total Produção (seg.)	576						-----
Tempo Total de Paragem (seg.)	333						

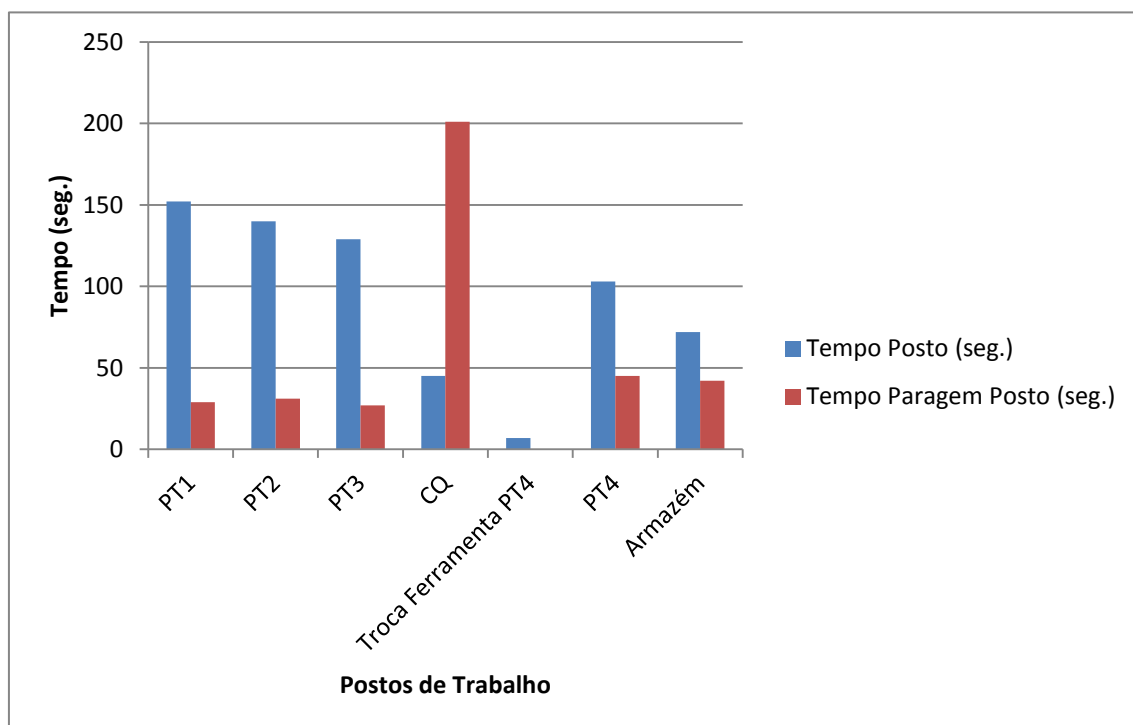


Gráfico 4 – Média dos tempos após a aplicação do SMED.

Pelas tabelas e gráficos é possível visualizar que a única grande diferença encontrada foi no tempo de troca de carimbo, diminuindo desta forma o tempo em cerca de 60 segundos. Os restantes tempos encontram-se semelhantes aos encontrados na simulação anterior.

Após a aplicação do SMED conseguiu-se produzir 6 lotes de 15 canetas, ou seja 90 canetas em 20 minutos de produção.

#### 4.6.5. RESUMO

Foi possível comprovar que a máquina criada no desenvolvimento do jogo de simulação funciona corretamente aquando da aplicação do SMED, conseguindo-se adaptá-la (com peça de encaixe rápido) de forma a diminuir o tempo de mudança de ferramenta conforme,

o inicialmente previsto. A peça em nylon com encaixe rápido também funcionou bastante bem, sendo muito fácil e rápido as trocas de carimbo.

Os resultados obtidos com a aplicação desta ferramenta são bastante esclarecedores, uma vez que se conseguiu diminuir bastante o tempo de troca de carimbo, promovendo desta forma boas condições para a prática de um bom SMED.

#### **4.7. APLICAÇÃO DO BALANCEAMENTO DA LINHA**

O balanceamento da linha é a distribuição das atividades sequencialmente, por postos de trabalho, com o objetivo de ter a maior utilização possível de trabalho e dos equipamentos, tentando minimizar os tempos de paragem.

##### **4.7.1. OBJETIVOS DA APLICAÇÃO DO BALANCEAMENTO DA LINHA**

Após a melhoria aplicada no SMED e de se ter baixado o tempo de mudança de carimbo, vai-se tentar balancear a linha, de modo a descobrir a quantidade de postos necessários para o processo e tentar equilibrar os seus tempos.

##### **4.7.2. CÁLCULO PARA O BALANCEAMENTO DA LINHA**

Em baixo encontra-se um diagrama com a sequência dos postos bem como os seus tempos para mais fácil visualização. Os tempos presentes referem-se já à otimização do tempo de mudança de carimbo no posto 4.

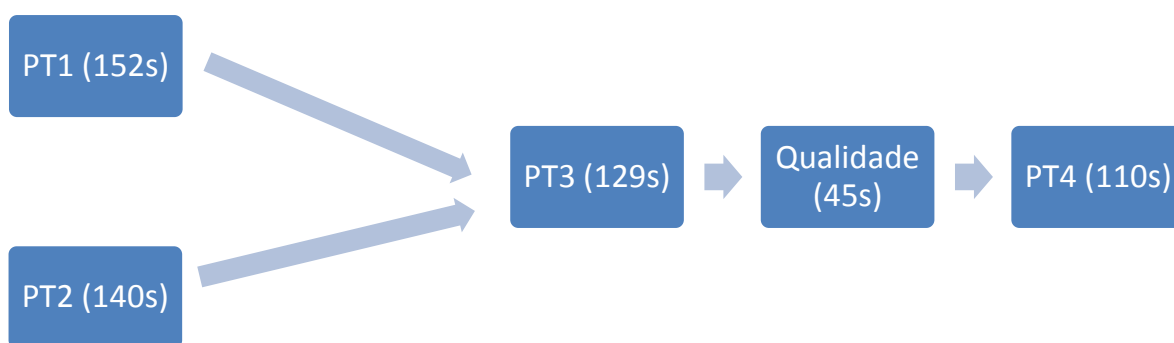


Figura 64 – Diagrama sequencial dos postos com tempos.

É possível observar que atualmente existem 5 postos de trabalho e através dos cálculos efetuados em baixo iremos ver quantos postos realmente são necessários para o bom funcionamento do processo. Será inicialmente calculado o takt time (tk) para o processo,

onde o tempo disponível por período trata-se do tempo de simulação (20 min) e o número de peças pretendidas por simulação irão ser 7 lotes de 15 canetas (pretende-se mais um lote que o previsto acontecer na simulação anterior relativa ao SMED).

$$takt\ time = \frac{Tempo\ disponível\ por\ período}{Número\ de\ peças\ pretendidas\ por\ período} = \frac{20min \times 60}{7} = 171seg$$

O takt time é então de 171s para o processo. Isto quer dizer que no máximo a cada 171 segundos terá que estar a sair da linha um lote de 15 canetas.

Calculando o  $\sum t_i$  (o somatório dos tempos de cada posto de trabalho) vai ser possível calcular o número mínimo de postos de trabalho.

$$n_{min} = \frac{\sum t_i}{tk} = \frac{576}{171} = 3.37 \approx 4\ Postos$$

$\sum t_i$  – Somatório dos tempos dos postos de trabalho

$tk$  – Takt Time

O número de postos obtido foi então de 4, menos um do que apresenta a linha atual. Logo terá que se balancear estes 5 postos de trabalho, de modo a ficarem somente em 4. Na tabela abaixo colocou-se por ordem decrescente de tempo, os postos de trabalho com as operações precedentes.

Tabela 10 – Ordenação por ordem decrescente de tempo dos postos de trabalho.

<b>Operação (Posto)</b>	<b>Tempo Operação</b>	<b>Operações precedentes</b>
PT1	152s	-----
PT2	140s	-----
PT3	129s	PT1, PT2
PT4	110s	Controlo Qualidade
Controlo Qualidade	45s	PT3



Visto o controlo de qualidade ser o posto mais rápido, tentar-se-á juntar este, aos outros postos, começando pelo segundo mais rápido, sem nunca ultrapassar o tempo calculado de 171s.

Tabela 11 – Verificação da otimização dos postos de trabalho.

Estação	Operação	Tempo de Operação	Soma dos tempos por estação
1	PT1	152s	152s
2	PT2	140s	140s
3	PT3	129s	129s
4	PT4	110s	155s
	Controlo Qualidade	45s	

Pela tabela é possível verificar que o posto do controlo de qualidade pode ficar junto com o posto 4, visto que é a sua precedência e a soma dos 2 tempos não ultrapassa os 171s.

Por último para confirmar os cálculos atrás realizados, irá verificar-se a eficácia do processo, através da fórmula descrita abaixo.

$$e = \frac{\sum t_i}{n \times tk} = \frac{576}{4 \times 171} = 0.84$$

$\sum t_i$  – Somatório dos tempos dos postos de trabalho

$n$  – Número de postos de trabalho

$tk$  – Takt Time

A obtenção de uma eficácia de 84% faz prever o bom funcionamento do processo somente com os 4 postos de trabalho, contudo num trabalho futuro, em iterações seguintes, teria mais sentido retirar o controlo de qualidade do processo, fazendo com que todos os postos realizassem auto controlo.

Calculados e definidos os 4 postos de trabalho é necessário definir um novo layout. A ideia encontrada foi unir os 4 postos de trabalho de forma contínua, onde seja o próprio operador do posto de trabalho a passar o seu lote finalizado para o posto de trabalho seguinte, evitando assim perdas de tempo no transporte. Em baixo, está representado o novo layout com os postos todos agrupados e balanceados.

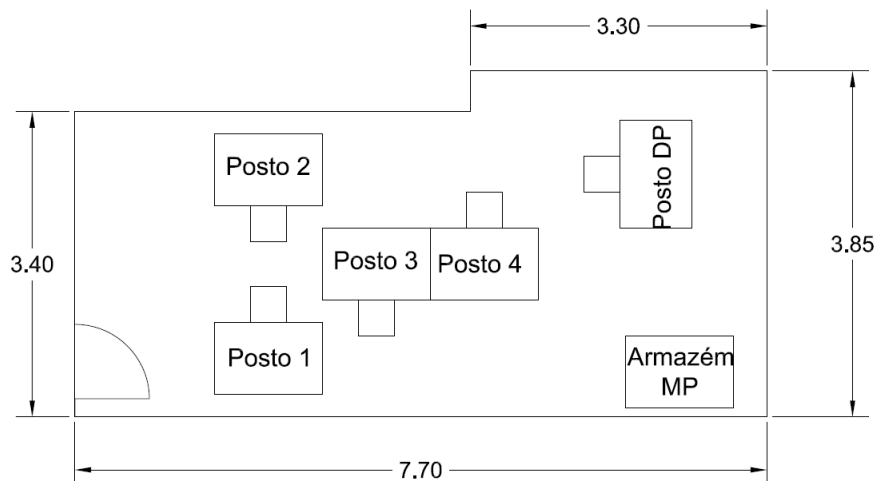


Figura 65 – Layout do processo produtivo após balanceamento da linha.

Neste caso, o transportador só terá que ir colocando os componentes, nos postos 1 e 2 e arrumar o produto final no armazém de produto acabado (mesa do diretor de produção). De resto, os materiais intermédios fluirão pela linha sem a necessidade do transportador intervir. Visto, este passar a ter menos trabalho, eliminar-se-á o responsável de armazém (abastecedor) do jogo e o transportador será também o responsável pelo armazém e abastecerá o material nas caixas plásticas, para depois as transportar para os postos de trabalho 1 e 2.

Com este balanceamento da linha, dos 8 jogadores (5 nos postos de trabalho, 1 abastecedor, 1 transportador e 1 diretor de produção), passam a estar presentes 6 jogadores (4 nos postos de trabalho, 1 transportador e 1 diretor de produção), conseguindo-se desta forma reduzir o número de recursos necessários, para uma maior produção. Sendo assim, o processo produtivo será o seguinte:

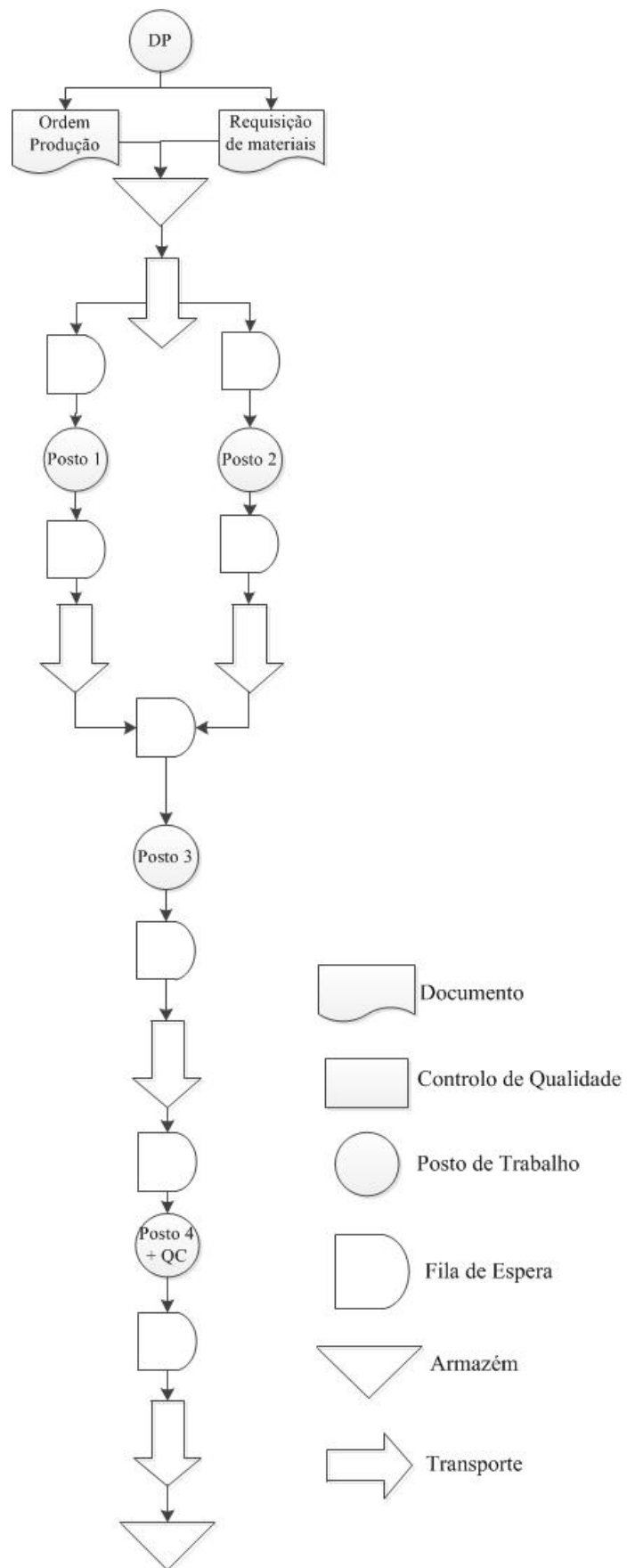


Figura 66 – processo produtivo da linha balanceada.

#### **4.7.3. AGENDA DA SIMULAÇÃO**

Para a realização da simulação encontra-se no anexo D um manual do jogo, onde o facilitador o poderá ler, com o objetivo de fazer esta simulação sem dificuldade. Para facilitar a leitura do trabalho presente, é encontra-se abaixo um quadro resumo dos principais recursos para a execução do jogo.

Tabela 12 – Agenda da simulação.

Nº	Ação	Ferramentas Necessárias	Duração (min)	Efeitos da Ação
1	Explicação da ferramenta	Computador com apresentação em PowerPoint e retroprojektor	15	Dar a conhecer o Balanceamento da Linha
2	Realização dos cálculos	Papel, lápis, borracha e calculadora	15	Calcular o número de postos necessários e balancear o processo
3	Sugestão de melhorias	Quadro magnético	10	Discutir sobre as melhorias a efetuar no processo
4	Implementação das melhorias	Material de simulação	10	Implementar as melhorias resultantes dos cálculos efetuados
5	Realização da simulação	Material de simulação	20	Mostrar aos jogadores o funcionamento e as vantagens de utilização do Balanceamento da Linha
6	Apresentação e análise dos resultados e deteção de problemas	Computador e retroprojektor ou quadro magnético	10	Ver os resultados obtidos na simulação realizada e analisar possíveis problemas encontrados

#### **4.7.4. RESULTADOS OBTIDOS**

Os resultados obtidos foram bastantes esclarecedores e verificou-se que os tempos entre os postos ficaram mais equilibrados, bem como os tempos desperdiçados nos transportes e abastecimentos de materiais que desceram. Os tempos em baixo representados, tratam-se da média da última simulação realizada, onde é possível analisar os tempos obtidos e comparar os tempos de transporte antes e após a aplicação do balanceamento da linha.

Tabela 13 – Tempos de transporte antes da aplicação do balanceamento.

**Tempos de transporte entre postos antes balanceamento da linha (seg.)**

Armazém MP	→	PT1	→	PT2	→	PT3	→	QC	→	PT4	→	Armazém
	88		12		11		8		8		6	
133												

Tabela 14 - Tempos de transporte após da aplicação do balanceamento.

**Tempos de transporte entre postos após balanceamento da linha (seg.)**

Armazém MP	→	PT1	→	PT2	→	PT3	→	QC	→	PT4	→	Armazém
	73		7		3		3		3		6	
95												

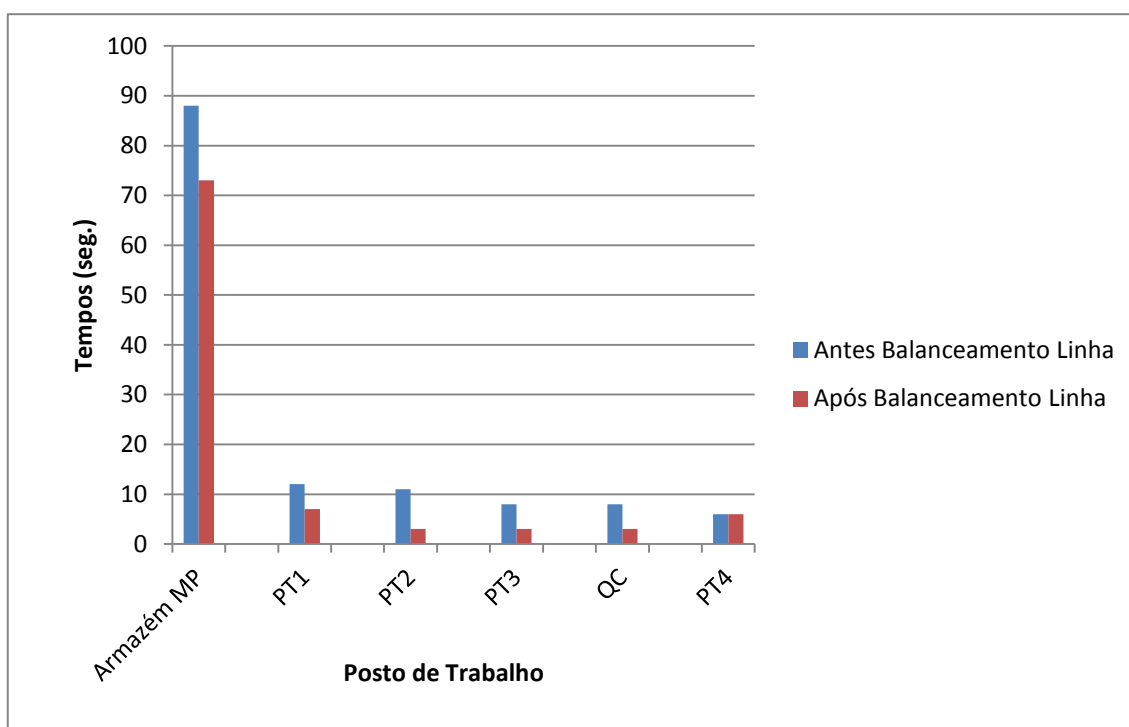


Gráfico 5 – Comparação dos tempos de transporte antes e após balanceamento da linha.

Tabela 15 – Média dos tempos na aplicação do balanceamento da linha.

**Média dos tempos após a aplicação do balanceamento da linha**

	PT1	PT2	PT3	PT4 + CQ
Tempo Posto (seg.)	159	145	138	168
Tempo Paragem Posto (seg.)	25	28	23	20
Tempo Total Produção (seg.)	465			
Tempo Total de Paragem (seg.)	71			

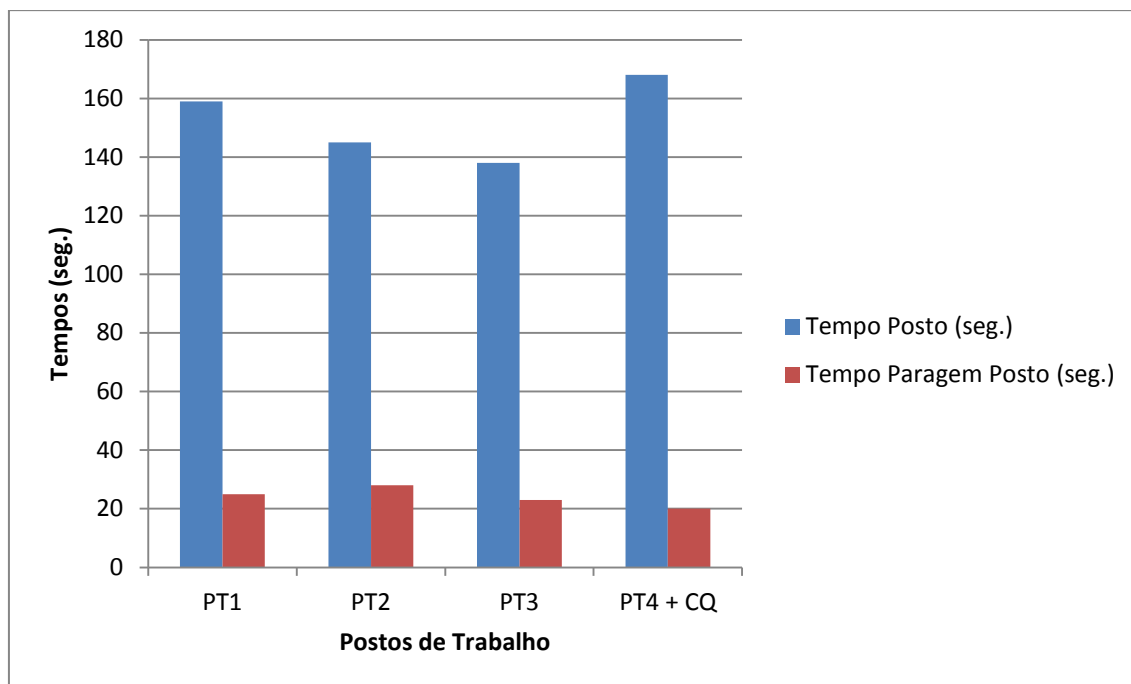


Gráfico 6 - Média dos tempos na aplicação do balanceamento da linha.

Os tempos obtidos na simulação, após o balanceamento da linha, são bastante semelhantes em todos os postos. Os tempos de paragem diminuíram, existindo somente aquando dos registos feitos nas folhas de ordem de produção. Desta forma o tempo de paragem total torna-se bastante pequeno e conclui-se que os desperdícios diminuíram em todos os aspetos, conseguindo-se criar um fluxo contínuo e aumentar a produtividade.

De seguida, encontra-se uma tabela e um gráfico comparativo, com os tempos totais de produção e tempos totais de paragens, no início e no final do processo.

Tabela 16 – Comparação de tempos absolutos no início e final das simulações.

	Simulação Inicial	Simulação final
Tempo Total Produção (seg.)	498	465
Tempo Total de Paragem (seg.)	406	71

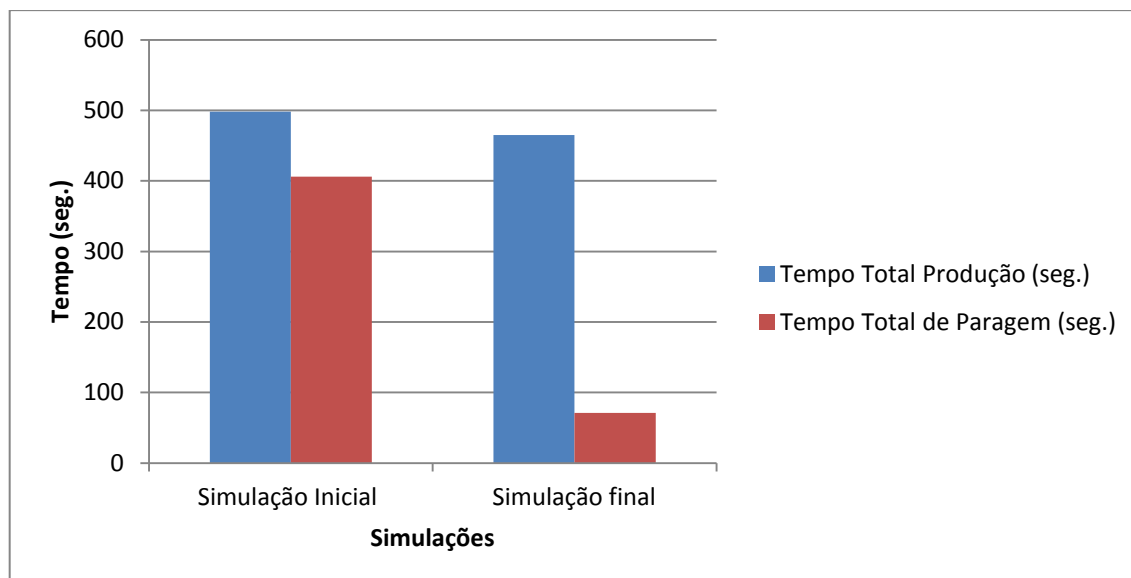


Gráfico 7 – Comparação dos tempos absolutos no início e final das simulações.

Pelo gráfico é possível verificar que existiu um grande decréscimo nos tempos de paragem, concluindo-se que a maior parte dos desperdícios foram eliminados. O tempo de produção desceu ligeiramente, contudo moveu-se o posto de qualidade para o posto de embalagem (PT4), ficando, o processo somente com 4 postos de trabalho.

Após finalizada esta simulação conseguiu-se produzir 7 lotes de 15 canetas, totalizando 105 canetas durante 20 minutos de simulação.

#### 4.7.5. RESUMO

Após a aplicação desta ferramenta, pode-se concluir que foi possível reduzir o número de postos de trabalho e equilibrar os tempos destes, ficando com uma utilização de trabalho bastante elevada, conforme se pretendia. Foi ainda possível diminuir os tempos de transporte juntando os quatro posto de trabalho de uma forma onde existisse um bom fluxo material e quase sem paragens por parte dos jogadores.

Com a aplicação desta ferramenta os alunos presentes na simulação compreenderão de uma forma simples esta metodologia, sendo mais fácil fazer a sua aplicação numa situação futura da vida profissional desses alunos.

Tal como referido no decorrer do trabalho de seguida é apresentado o VSM pretendido e o VSM conseguido.

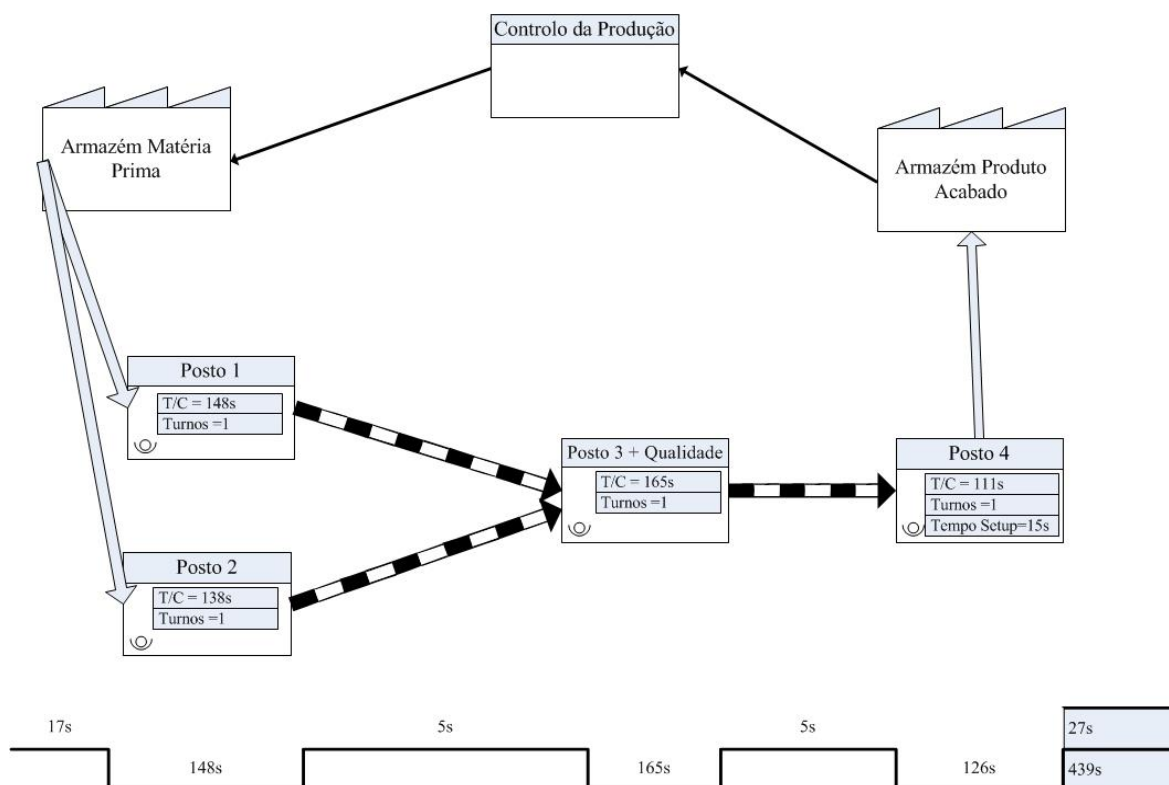


Figura 67 – VSM pretendido.

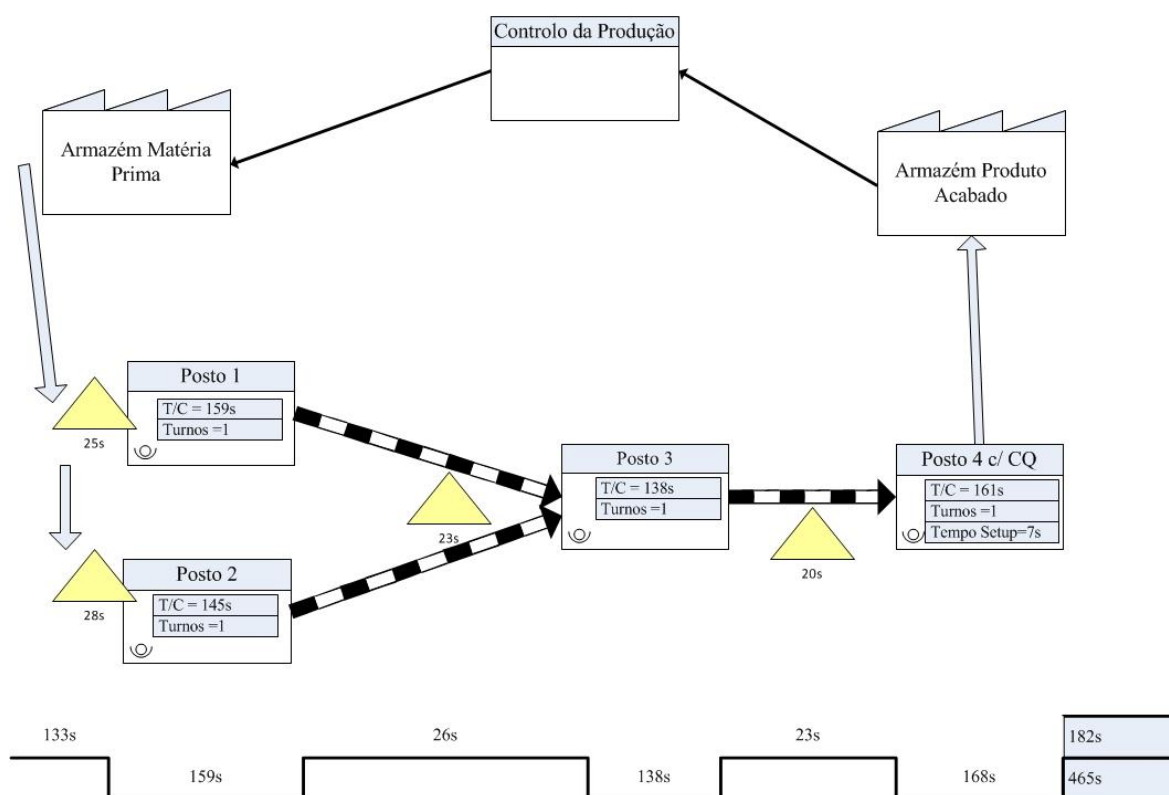


Figura 68 – VSM conseguido.



Pelos dois VSM, é possível verificar que ambos estão muito parecidos diferindo na colocação do controlo de qualidade juntamente com o posto 4 e não com o posto 3. De resto, os tempos de produção nos postos estão razoavelmente equilibrados e as paragens que existem quase não afetam a produção, podendo-se então concluir que as ferramentas utilizadas foram aplicadas com sucesso.

#### 4.8. MÉTODO DE TRANSPORTE DO JOGO

Como se pretende que o jogo de simulação seja fácil de transportar, foi criada uma mala para facilitar essa função. Trata-se de uma mala de cartão, com separações no seu interior e de pega, para fácil transporte.



Figura 69 – Mala para transporte do jogo.

No fundo da caixa estará toda a documentação do jogo, e a caixa para a embalagem espalmada.



Figura 70 – Documentação no fundo da mala de transporte.

Na separatória intermédia da mala estarão as canetas de três cores, o CD com as apresentações e a documentação, a tesoura, os carimbos de três cores (azul, preto e vermelho), as etiquetas autocolantes e os crachás.



Figura 71 – Material na separatória intermédia da mala.

Na última separatória da mala ficarão os racks de madeira, a mola de fixação dos rack de madeira e o recipiente para a organização de materiais no armazém.



Figura 72 – Material na última separatória da mala.

Com este método de transporte, o jogo de simulação desenvolvido, torna-se mais apelativo, sendo possível colocá-lo no mercado para venda.

## 5. CONCLUSÕES

Devido às grandes exigências dos clientes e cada vez mais devido à forte concorrência, as empresas, tentam combater estas situações desenvolvendo estratégias de redução de custos dos seus produtos e dos seus prazos de entrega. É neste contexto que aparecem os conceitos de “Lean Manufacturing”, já que é um conjunto de estratégias para identificar e eliminar desperdícios nos processos, com o objetivo de aumentar a competitividade da empresa e de satisfazer o cliente.

Por outro lado, os jogos de simulação permitem às pessoas ter experiências com situações muito semelhantes às encontradas na vida real e assim ser possível sentir a diferença entre os vários métodos aplicados. Desta forma, as pessoas nunca esquecerão os princípios e ficarão menos resistentes à mudança, pois conseguem entender melhor os conceitos presentes no jogo.

Os jogos de simulação vieram mudar o modo de aprendizagem das pessoas, e a metodologia Lean veio mudar a forma de pensar e de trabalhar na indústria. Foi a pensar nestas duas situações que o trabalho aqui presente pretendeu tratar, conjugando estes dois temas, criando-se um processo produtivo onde fossem aplicadas as várias ferramentas Lean, nomeadamente o VSM, SMED e balanceamento da linha, num jogo de simulação.

Deste modo, após a finalização do trabalho pode concluir-se que este objetivo foi finalizado com sucesso, uma vez que se conseguiu criar e desenvolver um processo produtivo muito parecido com um processo real de uma empresa e, deste modo, ser possível fazer simulações. Assim, torna-se mais fácil fazer uma análise crítica aos problemas e encontrar as soluções mais adequadas.

Para corrigir os problemas encontrados na simulação inicial, conseguiu-se aplicar três ferramentas Lean de uma forma lógica de maneira a surgir uma melhoria no processo em cada simulação realizada. Primeiro, fez-se um mapeamento do processo produtivo inicial, onde se conseguiu encontrar um posto de trabalho estrangulado e um posto de trabalho bastante rápido que influenciavam todo o processo. Verificou-se ainda que os tempos de paragem dos postos de trabalho eram constantes e elevados, fazendo antever a existência de muitos desperdícios. Desenhou-se então o processo pretendido.

Para tentar diminuir o tempo de Setup do posto 4, aplicou-se o SMED, na troca de carimbo, equilibrando o posto que estava estrangulado com os outros postos. Por fim, fez-se um balanceamento final do processo, onde através dos cálculos efetuados, conseguiu-se calcular o número de postos de trabalho, verificando-se, deste modo, que existia um a mais. Assim, o controlo de qualidade passou a fazer parte do processo de embalagem no posto 4. Através do número de postos calculados criou-se um novo layout, onde se conseguiu diminuir os tempos de transporte de todo o processo.

Apesar de se ter conseguido fazer com que o jogo de simulação funcionasse corretamente, a utilização das mesmas pessoas em todas as simulações torna-se uma limitação para o jogo, pois, após várias simulações, estas pessoas começam a ganhar o ritmo do jogo e melhoram as suas performances. Contudo, mesmo com esta limitação, pensa-se que este, seja uma grande ajuda para o leccionamento de aulas e para uma mais fácil compressão dos conceitos presentes no trabalho pelos intervenientes do jogo.

Uma vez que o jogo foi desenvolvido no ISEP e para os alunos deste instituto, era interessante, desenvolver no futuro, o jogo, de modo a abranger outras instituições de ensino, e aplicando outras ferramentas Lean.

## Referências Documentais

- [1] HODGE, George L, ROSS, Kelly G. [et.al.], *Adapting lean manufacturing principles to the textile industry*. *Production Planning & Control*, v22, 2011, p.237-247.
- [2] PINTO, João Paulo, *Pensamento Lean A filosofia das organizações vencedoras*, Lisboa – Porto, Lidel-Edições Técnicas, Lda., Novembro de 2009.
- [3] Lean Games, *Efficiency training tools*, <http://www.leangames.co.uk>, 26 de Janeiro de 2012, hora (19:22).
- [4] DEPEXE, Marcelo D., *Simulação com jogos de montar: um instrumento de ensino para o planejamento programação de obras*, *Engevista*, v. 12, Dezembro de 2010, p. 108-116.
- [5] HOWARD, Coleman, *Lean thinking and square watermelons have more in common than you may think*. s/l, *Electrical wholesaling*, Março de 2008.
- [6] National Research Council Canada, *Principles of lean thinking, Tools & Techniques for Advanced Manufacturing*, Rev. D, s/l, ITC, Julho de 2004.
- [7] HARVEY, David, *Lean, Agile*, Rev. 43, s/l, Janeiro de 2004.
- [8] WEIGEL, Annalisa L., *A Book Review: Lean Thinking by Womack and Jones*, Institute of Technology, Massachusetts, Novembro de 2000.
- [9] MCCARRON, Brendan, *Introduction to “Lean Thinking”*, Performance Improvement Network, Dezembro 2006.
- [10] BRESCO, Mike, *The 5S Method of Improvement - Enhancing Safety, Productivity and Culture*, <http://reliabilityweb.com>, 17 de Março de 2012, hora (18:55).
- [11] SHERRER, J. Alex, *Poka Yoke: A technique for quality assurance, continual improvement, and enhancing the customer’s experience*, <http://www.articlesbase.com>, 6 de Outubro 2011, hora (20:25).
- [12] Superfactory, *Poka Yoke Resources*, <http://www.superfactory.com>, 26 de Setembro de 2011, hora (19:44).
- [13] KNIBERG, Henrik, *Lean from the Trenches, Managing Large-Scale Projects with Kanban*, s/l, The Pragmatic Bookshelf, Dezembro de 2011.

- [14] PINTO, João Paulo, *Gestão de Operações na Indústria e nos Serviços*, 2ª Edição, Lisboa – Porto, Lidel – Edições Técnicas Lda., Setembro de 2006.
- [15] QUARTERMAN, Lee, *Total productive mainetenance*, Kansas Consultants Engineers Statigists, 06 January 2009.
- [16] ANGELES, Rolando S., *Total Productive Maintenance*, s/l, Rsarealiability s/d.
- [17] TPM (Total Productive Manintenance), University of Wisconsin, Stout, s/d.
- [18] HILL, Arthur V., *The encyclopedia of operations management*, s/l, Consulting Editor, s/d.
- [19] SILVA, Manuel, *Optimização de layouts – exercícios*, Apontamentos MGPO, ISEP, 2010/2011.
- [20] ÁVILA, Paulo, *Vertentes da optimização do processo*, Apontamentos MGPO, ISEP, 2010.
- [21] THOR, William C., *VALUE STREAM MAPPING & VM*, General Motors Corporation, USA, s/d.
- [22] Adesse Consulting, *Value Stream Mapping*, s/l, 2007.
- [23] SHINGO, Shigeo, *A revolution in Manufacturing: The SMED System*, s/l, Productivity Press, 1985.
- [24] Instituto Superior Técnico, *Single minute Exchange of dies*,. <http://www.dem.ist.utl.pt>, 17 Setembro de 2011, hora (20:12).
- [25] BOYSEN, Nils, FLIEDNER, Malte, [et.al.], *A classification of assembly line balancing problems*, Friedrich-Schiller-Universitat Jena, Dezembro de 2006.
- [26] Modelos Matemáticos, Apontamentos de Tsai, Feup.
- [27] WOMACK, James P, JONES, Daniel T, *Lean thinking*, Free Press, A Division of Simon&Schuster, Inc.
- [28] Principles of lean thinking, tools & techniques for advanced manufacturing, ITG
- [29] PRINSEN, Gerard, OVERTON, John, *Policy, personalities and pedagogy: The use of simulation games to teach and learn about development policy*, Victoria University of Wellington, New Zealand, s/d.
- [30] LOPES, Carlos P., ANDRADE, António M., *Jogos e Simuladores no Ensino Superior de Economia e Gestão em Portugal*, Universidade Católica Portuguesa, Porto, Portugal, s/d.

- [31] Takt, *Takt Consultoria: A produção mais eficiente e flexível*, <http://www.takttime.net>, 17 de Outubro de 2011, hora (17:55).
- [32] ADELSBERGER, Heimo H., BICK, Markus H., [et.al.], *A Simulation Game Approach for Efficient Education in Enterprise Resource Planning Systems*, University of Essen, Germany, s/d.
- [33] DE GASPARI, António D., WERNECK, Ana M., [et.al.], *Simulação, cenários, jogos e cases aplicados no ensino da Engenharia de Produção*, XII SIMPED, São Paulo, Brasil, Novembro de 2005.
- [34] POPOVSKA, I. Dukovska, MADSEN, V. Hove, [et.al.], *Teaching lean thinking through game: some challenges*, Aalborg University, Department of Production, Denmark, s/d.





## Anexo A. Manual do jogo para aplicação do processo produtivo



# Manual do jogo para aplicação do processo produtivo

## OBJECTIVOS DO JOGO

Este jogo de simulação tem o objetivo de mostrar e dar a entender como funciona um processo produtivo de montagem de canetas. Com esta simulação vai ser possível visualizar e perceber o fluxo de todos os produtos e informação bem como as movimentações humanas.

## CONTEÚDO DA MALA

- Racks de madeira para 15 unidades de canetas;
- Recipientes metálicos;
- Canetas;
- Carimbos;
- Crachás;
- Etiquetas autocolantes;
- CD com apresentações e documentação;
- Tesoura;
- Caneta de filtro;
- Caixas de embalagem;
- Documentação necessária.



Figura 1 – Mala do jogo.

## AGENDA

O facilitador ou “game master” deverá seguir os passos presentes na tabela.

Tabela 1 – Agenda da simulação.

Nº	Ação	Ferramentas Necessárias	Duração (min)	Efeitos da Ação
1	Apresentação e explicação do jogo	Computador, retroprojeter e apresentação em PowerPoint	15	Dar a conhecer o funcionamento do jogo
2	Preparação do laboratório para realização da simulação	Material de simulação	10	Preparar o laboratório com todo o material necessário para a realização da simulação
3	Realização de um treino de simulação	Material de simulação	5	Adaptação ao jogo
4	Realização da simulação	Material de simulação	20	Mostrar aos jogadores o funcionamento de uma linha produtiva
5	Análise dos problemas encontrados na simulação	Computador e retroprojeter ou quadro magnético	5	Discussão dos resultados obtidos após a simulação
6	Sugestões de melhorias	Quadro magnético	15	Discutir sobre as melhorias a efetuar no processo após a apresentação dos resultados
7	Apresentação do VSM	PowerPoint com VSM para apresentação	15	Dar a conhecer a ferramenta

## NÚMERO DE PESSOAS NECESSÁRIAS

- 8 Pessoas (5 operários, 1 transportador, 1 diretor de produção e um responsável de armazém).
- 1 Facilitador.

## TEMPO DE JOGO

- 85 Minutos

## DISPOSIÇÃO DO LAYOUT

As mesas devem estar dispostas da seguinte forma no Laboratório de Sistemas da Produção:

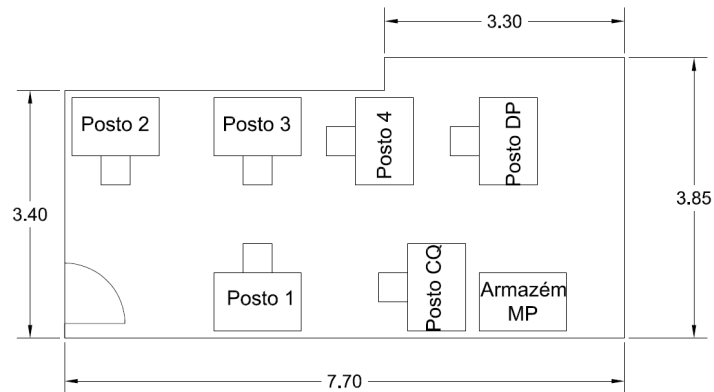


Figura 2 – Layout para aplicação no jogo.

Para este layout são necessárias:

- 5 Mesas e 5 cadeiras para utilizar como postos de trabalho;
- 1 Mesa para o armazém;
- 1 Mesa e 1 cadeira para o diretor de produção;
- 1 Computador com o Microsoft Excel;
- 1 Retroprojektor;
- 1 Quadro magnético.

## DISPOSIÇÃO DO LAYOUT DO ARMAZÉM

Os materiais devem estar dispostos da seguinte forma, na estrutura destinada ao armazém MP:

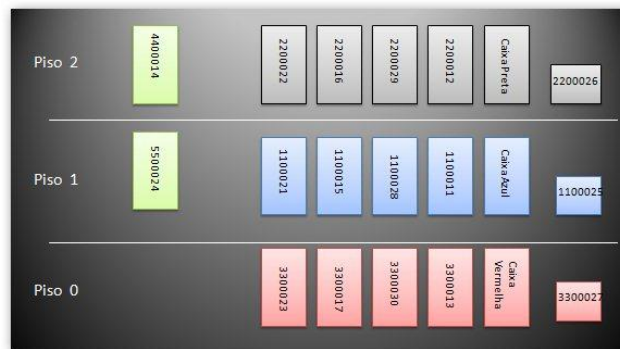


Figura 3 – Layout dos materiais para o jogo.

Para este layout do armazém são necessárias:

- 1 Estante para colocação dos materiais;
- 17 Caixas grandes (Suc.A);
- 3 Caixas pequenas (Suc.0);
- 80 Canetas azuis desmontadas;
- 80 Canetas pretas desmontadas;
- 80 Canetas vermelhas desmontadas;
- 6 Caixas montadas para canetas azuis;
- 6 Caixas montadas para canetas pretas;
- 6 Caixas montadas para canetas vermelhas.

## DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA

Para a realização do jogo é necessário alguma documentação. De seguida é referida qual a documentação necessária:

- Mod.01/00 – Instruções de Trabalho (instruções\_de\_trabalho.pdf);
- Mod.02/00 – Ordens de produção (ordens\_de\_produção.pdf);
- Mod.03/00 – Registo do controlo da produção(folha\_de\_tempos\_de\_produção.pdf);
- Mod.04/00 – Controlo de qualidade (controlo\_da\_qualidade.pdf);
- Mod.05/00 – Requisição de materiais (requisição\_de\_componentes.pdf);
- Mod.06/00 – Registo de não conformidades (folha\_nao\_conformidades.pdf).
- Apresentação do Lean (apresentação\_lean.ppt).

### PASSOS A REALIZAR NO COMEÇO DO JOGO

- Retirar da mala do jogo, o material necessário para a simulação;
- Fazer uma apresentação do jogo e do Lean (apresentação no CD);
- Preparar o layout conforme o pretendido;
- Colocar nos postos de trabalho as instruções e o material necessário para a produção (as simulações devem ser iniciadas já com material em curso);
- Nomear as pessoas para cada posto;
- Cada jogador deverá ler a instrução de trabalho presente no seu posto.

### PASSOS A REALIZAR DURANTE O JOGO

- Inicialmente será realizado um treino da simulação, durante 5 minutos, para os jogadores se inteirarem do funcionamento do jogo;
- Posteriormente será realizada a simulação durante 20 minutos;
- Quando se iniciar a simulação, o diretor de produção deverá colocar o cronómetro em funcionamento;
- Os jogadores deverão anotar na ordem de produção o tempo de início e de final de produção de cada lote de 15 canetas;
- No final dos 20 minutos de simulação o diretor de produção deverá parar o cronómetro e finalizar o jogo;
- Os resultados obtidos terão que ser analisados e discutidos;
- Terão que ser sugeridas melhorias no processo;
- Terá que ser feita uma apresentação do VSM (apresentação\_vsm.ppt).





## Anexo B. Manual do jogo para a aplicação do VSM.



# Manual do jogo para a aplicação do VSM

## OBJECTIVOS DO JOGO

Este jogo de simulação tem como objetivo a aplicação do VSM ao processo produtivo. Será necessário desenhar uma situação atual do processo e posteriormente desenhar uma situação futura, de modo a ser possível a sua aplicação. Após a conclusão deste jogo de simulação irá ser possível visualizar e perceber como o VSM é importante para a redução dos desperdícios da cadeia de valor de uma linha de produção.

## CONTEÚDO DA MALA

- Racks de madeira para 15 unidades de canetas;
- Recipientes metálicos;
- Canetas;
- Carimbos;
- Crachás;
- Etiquetas autocolantes;
- CD com apresentações e documentação;
- Tesoura;
- Caneta de filtro;
- Caixas de embalagem;
- Documentação necessária.



Figura 4 – Mala do jogo.

## AGENDA

O facilitador ou “game master” deverá seguir os passos presentes na tabela.

Tabela 2 – Agenda da simulação.

Nº	Ação	Ferramentas Necessárias	Duração (min)	Efeitos da ação
1	Apresentação da ferramenta (já realizado no final da primeira simulação)	Computador com PowerPoint e retroprojektor	15	Dar a conhecer a ferramenta
2	Desenhar o VSM do processo	Papel, lápis, borracha ou quadro magnético	10	Desenhar o VSM do estado atual do processo para se visualizar toda a sua cadeia de valor
3	Analisar o mapeamento desenhado	Papel, lápis, borracha ou quadro magnético	5	Verificar a existência dos desperdícios no processo
4	Desenhar o VSM do estado futuro pretendido	Papel, lápis, borracha ou quadro magnético	10	Desenhar o VSM do processo produtivo pretendido, para posteriormente se passar à sua implementação

## NÚMERO DE PESSOAS NECESSÁRIAS

- Sem limite de pessoas.

## TEMPO DE JOGO

- 40 Minutos

## DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA

Para a aplicação desta ferramenta irá ser necessária alguma documentação. A salientar:

- Apresentação do VSM (apresentação\_vsm.ppt).

## PASSOS A REALIZAR ANTES DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA

- Retirar da mala do jogo, o material necessário para a simulação;
- Fazer uma apresentação da ferramenta (apresentação no CD).

## PASSOS A REALIZAR DURANTE O JOGO

- Com um papel e um lápis ou então no quadro branco magnético, desenhar o VSM do processo produtivo da simulação anterior, com os seus resultados obtidos;
- Fazer uma análise ao VSM, mais propriamente aos tempos obtidos e aos desperdícios presentes no processo;
- Desenhar o VSM do estado futuro pretendido, num papel, ou no quadro branco magnético, de modo a fazer uma orientação para a aplicação das duas ferramentas Lean a aplicar no trabalho (SMED e depois o balanceamento da linha);
- Os VSM deverão estar próximos dos apresentados abaixo.

## EXEMPLO DE VSM INICIAL

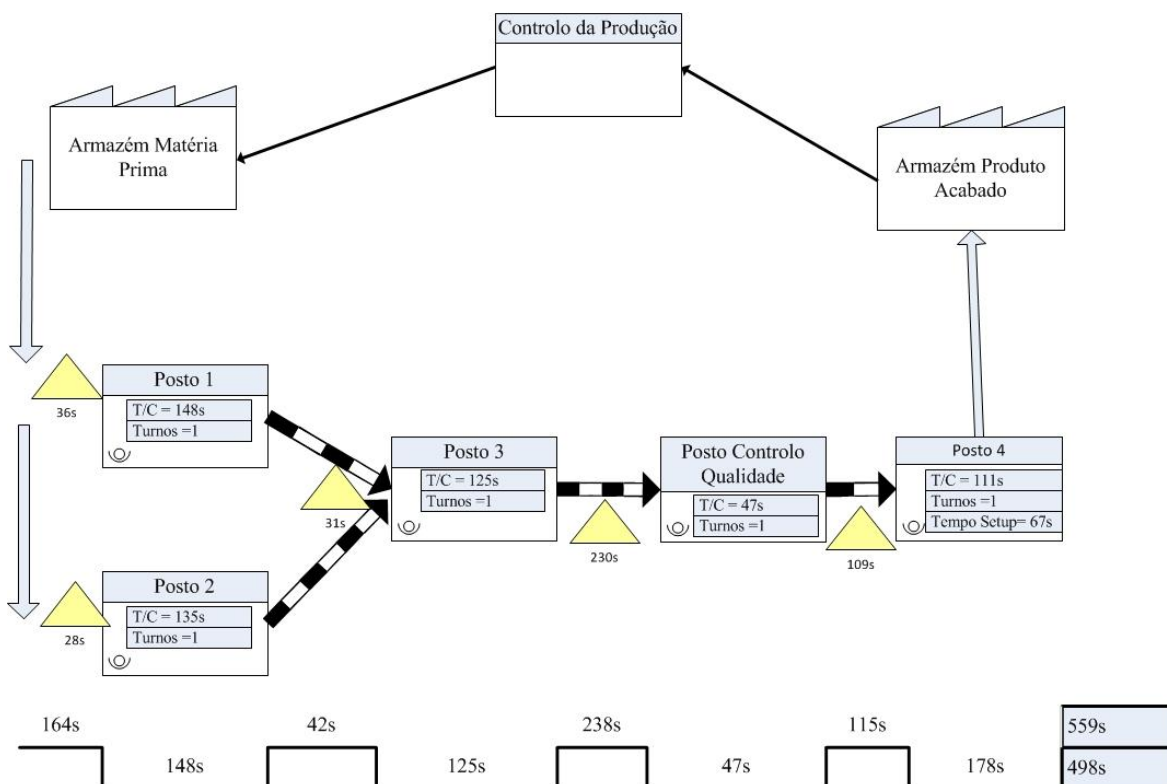


Figura 5 – Exemplo de VSM inicial proposto no jogo.

## EXEMPLO DE VSM FINAL

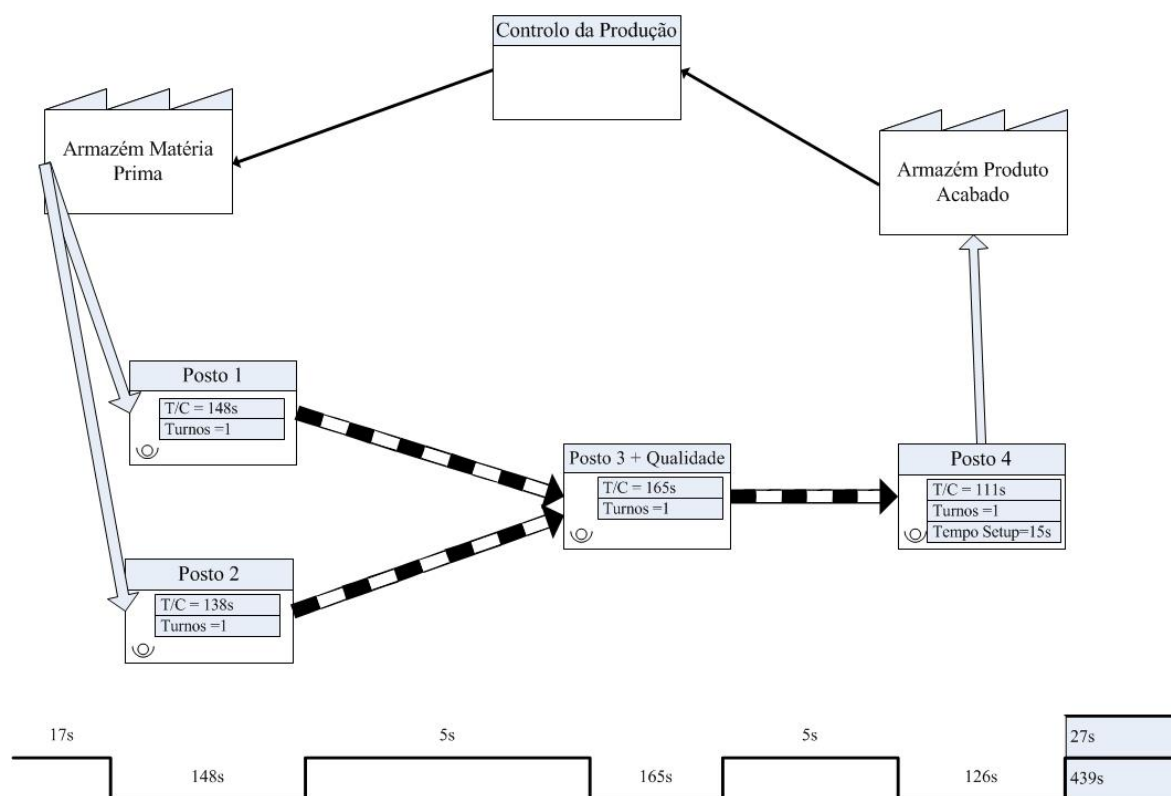


Figura 6 – Exemplo de VSM final proposto no jogo.

## Anexo C. Manual do jogo para a aplicação do SMED.





# Manual do jogo para a aplicação do SMED

## OBJECTIVOS DO JOGO

Este jogo de simulação tem como objetivo a aplicação do SMED ao processo produtivo. O SMED será usado na máquina de carimbar perante a troca dos carimbos. Na primeira simulação o carimbo foi trocado pelo método de aparafusamento, e nesta simulação será feita a troca de carimbo pelo método de encaixe rápido. Após a conclusão deste jogo de simulação, irá ser possível visualizar e perceber como o SMED é importante para a redução dos tempos no posto de trabalho 4 aquando da troca de carimbos, tornando assim os equipamentos mais flexíveis.

## CONTEÚDO DA MALA

- Racks de madeira para 15 unidades de canetas;
- Recipientes metálicos;
- Canetas;
- Carimbos;
- Crachás;
- Etiquetas autocolantes;
- CD com apresentações e documentação;
- Tesoura;
- Caneta de filtro;
- Caixas de embalagem;
- Documentação necessária.



Figura 7 – Mala do jogo.

## AGENDA

O facilitador ou “game master” deverá seguir os passos presentes na tabela.

Tabela 3 – Agenda da simulação.

Nº	Ação	Ferramentas Necessárias	Duração (min)	Efeitos da Ação
1	Explicação da ferramenta	Computador com apresentação em PowerPoint e retroprojektor	15	Dar a conhecer o SMED
2	Sugestões de melhorias	Quadro magnético	10	Discutir sobre as melhorias a efetuar no processo
3	Implementação das melhorias	Material de simulação	10	Preparar o processo produtivo com as melhorias decididas anteriormente
4	Realização da simulação	Material de simulação	20	Mostrar aos jogadores o funcionamento e as vantagens de utilização do SMED
5	Apresentação dos resultados e deteção de problemas	Computador e retroprojektor ou quadro magnético	10	Ver os resultados obtidos e analisar possíveis problemas encontrados

## NÚMERO DE PESSOAS NECESSÁRIAS

- 8 Pessoas (5 operários, 1 transportador, 1 diretor de produção e 1 responsável de armazém);
- 1 Facilitador.

## TEMPO DE JOGO

- 65 Minutos

## DISPOSIÇÃO DO LAYOUT

As mesas devem estar dispostas da seguinte forma no Laboratório de Sistemas da Produção:

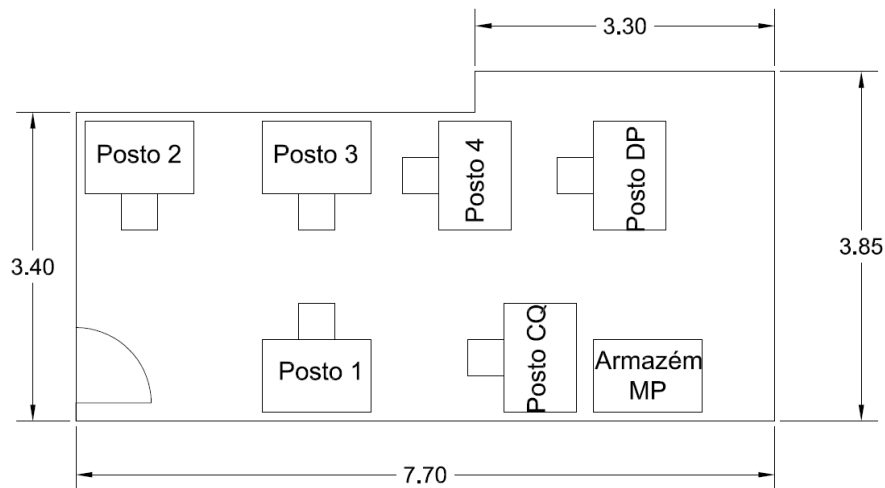


Figura 8 – Layout para aplicação no jogo.

Para este layout são necessárias:

- 5 Mesas e 5 cadeiras para utilizar como postos de trabalho;
- 1 Mesa para o armazém;
- 1 Mesa e 1 cadeira para o diretor de produção;
- 1 Computador com o Microsoft Excel;
- 1 Retroprojektor;
- 1 Quadro magnético.

## DISPOSIÇÃO DO LAYOUT DO ARMAZÉM

Os materiais devem estar dispostos da seguinte forma, na estrutura destinada ao armazém MP:

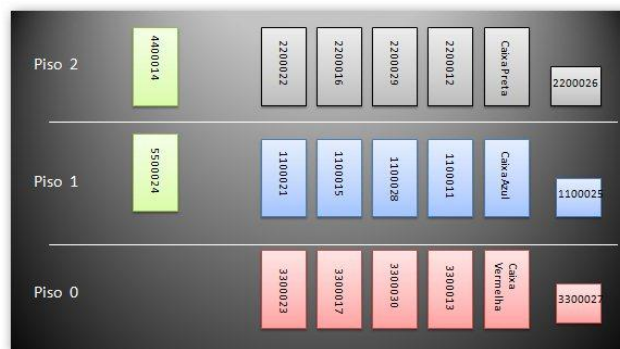


Figura 9 – Layout dos materiais para o jogo.

Para este layout do armazém são necessárias:

- 1 Estante para colocação dos materiais;
- 17 Caixas grandes (Suc.A);
- 3 Caixas pequenas (Suc.0);
- 80 Canetas azuis desmontadas;
- 80 Canetas pretas desmontadas;
- 80 Canetas vermelhas desmontadas;
- 6 Caixas montadas para canetas azuis;
- 6 Caixas montadas para canetas pretas;
- 6 Caixas montadas para canetas vermelhas.

## DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA

Para a realização do jogo é necessário alguma documentação. De seguida é referida qual a documentação necessária:

- Mod.01/00 – Instruções de Trabalho (instruções\_de\_trabalho.pdf);
- Mod.02/00 – Ordens de produção (ordens\_de\_produção.pdf);
- Mod.03/00 – Registo do controlo da produção(folha\_de\_tempos\_de\_produção.pdf);
- Mod.04/00 – Controlo de qualidade (controlo\_da\_qualidade.pdf);
- Mod.05/00 – Requisição de materiais (requisição\_de\_componentes.pdf);
- Mod.06/00 – Registo de não conformidades (folha\_nao\_conformidades.pdf);
- Apresentação do SMED (apresentação\_smed.ppt).

## MÁQUINA ONDE IRÁ SER APLICADO O SMED

A máquina onde se irá aplicar o SMED será uma máquina de carimbar etiquetas autocolantes.



Figura 10 – Máquina onde será aplicado o SMED.

A ferramenta a utilizar será um sistema de encaixe rápido do carimbo.



Figura 11 – Encaixe rápido do carimbo.

## PASSOS A REALIZAR NO COMEÇO DO JOGO

- Retirar da mala do jogo, o material necessário para a simulação;
- Fazer uma apresentação do SMED (apresentação no CD);
- Nas propostas de melhoria, sugerir o posto 4 a otimizar. Melhorar o tempo de troca de carimbo por método de encaixe rápido;
- Preparar o layout conforme o pretendido;

- Colocar nos postos de trabalho as instruções e o material necessário para a produção (as simulações devem ser iniciadas já com material em curso);
- Nomear as pessoas para cada posto;
- Cada jogador deverá ler a instrução de trabalho presente no seu posto;
- No posto 4 (posto de embalagem) deverá ser colocada a peça em nylon de encaixe rápido, por troca pela peça de aparafusamento

#### PASSOS A REALIZAR DURANTE O JOGO

- Realizar a simulação durante 20 minutos;
- Quando se iniciar a simulação, o diretor de produção deverá colocar o cronómetro em funcionamento;
- Os jogadores deverão anotar na ordem de produção o tempo de início e de final de produção de cada lote de 15 canetas;
- No final dos 20 minutos de simulação o diretor de produção deverá parar o cronómetro e finalizar o jogo;
- Os resultados obtidos terão que ser analisados e discutidos;
- Terão que ser sugeridas melhorias no processo;
- As melhorias sugeridas pelos jogadores terão que ser orientadas para a aplicação da próxima ferramenta, o balanceamento da linha.

## Anexo D. Manual do jogo para a aplicação do balanceamento da linha.





# Manual do jogo para a aplicação do balanceamento da linha

## OBJECTIVOS DO JOGO

Este jogo de simulação tem como objetivo mostrar o conceito do balanceamento de linha. Vai ser possível visualizar e perceber como um balanceamento de linha é importante, pois devido à existência de diferentes tempos entre postos todo processo produtivo poderá ser influenciado.

## CONTEÚDO DA MALA

- Racks de madeira para 15 unidades de canetas;
- Recipientes metálicos;
- Canetas;
- Carimbos;
- Crachás;
- Etiquetas autocolantes;
- CD com apresentações e documentação;
- Tesoura;
- Caneta de filtro;
- Caixas de embalagem;
- Documentação necessária.



Figura 12 – Mala do jogo.

## AGENDA

O facilitador ou “game master” deverá seguir os passos presentes na tabela.

Tabela 4 – Agenda da simulação.

Nº	Ação	Ferramentas Necessárias	Duração (min)	Efeitos da Ação
1	Explicação da ferramenta	Computador com apresentação em PowerPoint e retroprojeter	15	Dar a conhecer o Balanceamento da Linha
2	Realização dos cálculos	Papel, lápis, borracha e calculadora	15	Calcular o número de postos necessários e balancear o processo
3	Sugestões de melhorias	Quadro magnético	10	Discutir sobre as melhorias a efetuar no processo
4	Implementação das melhorias	Material de simulação	10	Implementar as melhorias resultantes dos cálculos efetuados
5	Realização da simulação	Material de simulação	20	Mostrar aos jogadores o funcionamento e as vantagens de utilização do Balanceamento da Linha
6	Apresentação e análise dos resultados e deteção de problemas	Computador e retroprojeter ou quadro magnético	10	Ver os resultados obtidos na simulação realizada e analisar possíveis problemas encontrados

## NÚMERO DE PESSOAS NECESSÁRIAS

- 6 Pessoas (4 operários, 1 transportador e 1 diretor de produção);
- 1 Facilitador.

## TEMPO DE JOGO

- 80 Minutos.

## DISPOSIÇÃO DO LAYOUT

As mesas devem estar dispostas da seguinte forma no Laboratório de Sistemas da Produção:

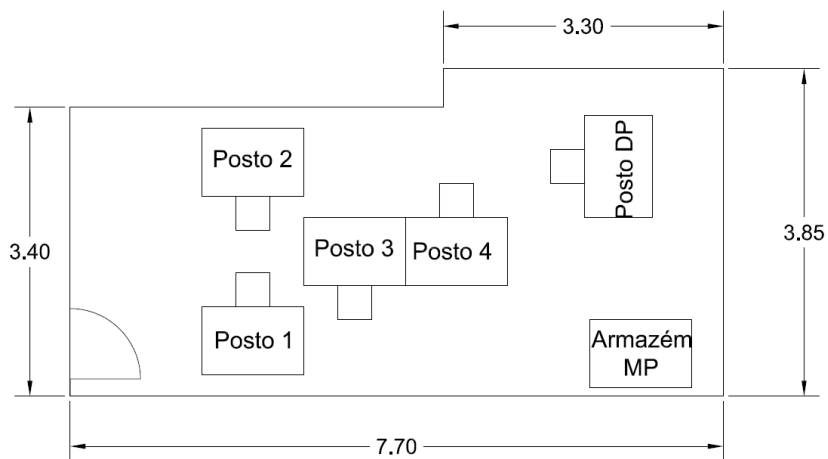


Figura 13 – Layout para aplicação no jogo.

Para este layout são necessárias:

- 4 Mesas e 4 cadeiras para utilizar como postos de trabalho;
- 1 Mesa para o armazém;
- 1 Mesa e 1 cadeira para o diretor de produção;
- 1 Computador com o Microsoft Excel;
- 1 Retroprojektor;
- 1 Quadro magnético.

## DISPOSIÇÃO DO LAYOUT DO ARMAZÉM

Os materiais devem estar dispostos da seguinte forma, na estrutura destinada ao armazém MP:

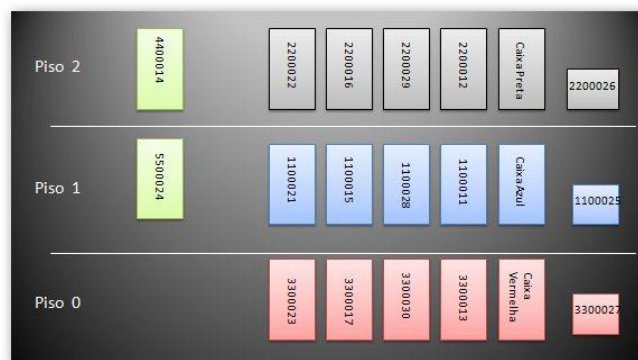


Figura 14 – Layout dos materiais para o jogo.

Para este layout do armazém são necessárias:

- 1 Estante para colocação dos materiais;
- 17 Caixas grandes (Suc.A);
- 3 Caixas pequenas (Suc.0);
- 80 Canetas azuis desmontadas;
- 80 Canetas pretas desmontadas;
- 80 Canetas vermelhas desmontadas;
- 6 Caixas montadas para canetas azuis;
- 6 Caixas montadas para canetas pretas;
- 6 Caixas montadas para canetas vermelhas.

## DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA

Para a realização do jogo é necessário alguma documentação. De seguida é referida qual a documentação necessária:

- Mod.01/00 – Instruções de Trabalho (instruções\_de\_trabalho.pdf);
- Mod.02/00 – Ordens de produção (ordens\_de\_produção.pdf);
- Mod.03/00 – Registo do controlo da produção(folha\_de\_tempos\_de\_produção.pdf);
- Mod.04/00 – Controlo de qualidade (controlo\_da\_qualidade.pdf);
- Mod.05/00 – Requisição de materiais (requisição\_de\_componentes.pdf);
- Mod.06/00 – Registo de não conformidades (folha\_nao\_conformidades.pdf);
- Apresentação do balanceamento da linha (apresentação\_bl.ppt).

### PASSOS A REALIZAR NO COMEÇO DO JOGO

- Retirar da mala do jogo, o material necessário para a simulação;
- Fazer uma apresentação do balanceamento da linha (apresentação no CD);
- Realizar os cálculos necessários para descobrir quantos postos de trabalho serão precisos e equilibrar os seus tempos;
- Após os cálculos realizados sugerir o layout que se encontra em “Disposição do Layout” deste manual;
- Preparar o layout;
- Colocar nos postos de trabalho as instruções e o material necessário para a produção (as simulações devem ser iniciadas já com material em curso). As instruções de trabalho e as ordens de produção, relativas ao controlo de qualidade devem ser colocadas no posto de trabalho 4, juntamente com a documentação do posto;
- Nomear as pessoas para cada posto;
- Cada jogador deverá ler a instrução de trabalho presente no seu posto;
- No posto 4 (posto de embalagem) deverá estar colocada a peça em nylon de encaixe rápido;

### PASSOS A REALIZAR DURANTE O JOGO

- Realizar a simulação durante 20 minutos;
- Quando se iniciar a simulação, o diretor de produção deverá colocar o cronómetro em funcionamento;
- Os jogadores deverão anotar na ordem de produção o tempo de início e de final de produção de cada lote de 15 canetas (o operador do posto 4 deverá apontar o tempo das duas tarefas em simultâneo, no espaço referente ao posto 4. O espaço do controlo de qualidade ficará em branco);
- No final dos 20 minutos de simulação o diretor de produção deverá parar o cronómetro e finalizar o jogo;
- Os resultados obtidos terão que ser analisados e discutidos.

### FORMULAS NECESSÁRIAS

- Takt time:

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível\ por\ período}{Número\ de\ peças\ pretendidas\ por\ período} \quad (1)$$

- Número mínimo de postos:

$$n_{min} = \frac{\sum t_i}{tk} \quad (2)$$

$\sum t_i$  – Somatório dos tempos dos postos de trabalho

$tk$  – Takt Time

- Ordenação por ordem decrescente do tempo de cada posto:

Tabela 5 – Ordenação decrescente de tempo para cada posto.

<b>Operação (Posto)</b>	<b>Tempo Operação</b>	<b>Operações precedentes</b>

- Nesta tabela tentar juntar operações sem ultrapassar o tempo de ciclo calculado.

Tabela 6 – Balanceamento dos postos.

<b>Estação</b>	<b>Operação</b>	<b>Tempo de Operação</b>	<b>Soma dos tempos por estação</b>

- Cálculo da eficácia do processo:

$$e = \frac{\sum t_i}{n \times tk} \quad (3)$$

$\sum t_i$  – Somatório dos tempos dos postos de trabalho

$n$  – Número de postos de trabalho

$tk$  – Takt Time





## Anexo E. Documentação



## Posto de Trabalho 1

Registrar o tempo de início dos trabalhos na ordem de produção.

Colocar a mola na recarga (verificar ao colocar a mola que o diâmetro mais pequeno é o que entra primeiro) e colocar o conjunto no interior do corpo inferior.

Colocar o conjunto no Rack de madeira.

Registrar o tempo de fim dos trabalhos na ordem de produção e aguardar pelo transportador de materiais.

Mod.01/00

## Posto de Trabalho 2

Registrar o tempo de início dos trabalhos na ordem de produção.

Colocar o clip colorido no Corpo Superior.

Montar o pino branco no pino colorido e colocar este conjunto no interior do Corpo Superior.

Colocar o conjunto no Rack de madeira.

Registrar o tempo de fim dos trabalhos na ordem de produção e aguardar pelo transportador de materiais.

Mod.01/00

## Posto de Trabalho 3

Registar o tempo de início dos trabalhos na ordem de produção.

Montar o conjunto inferior (PT1) com o conjunto superior (PT2).

Colocar a caneta na caixa SUC A.

Agrafar as 3 ordens de produção.

Registar o tempo de fim dos trabalhos na ordem de produção e aguardar pelo transportador de materiais.

Mod.01/00

## Posto de Trabalho 4

Registar o tempo de início dos trabalhos na ordem de produção.

Colocar cinco canetas dentro da caixa e fechar a caixa.

Imprimir uma etiqueta com a cor das canetas.

Fechar a caixa com uma fita e selar com a etiqueta.

Colocar a caixa final numa caixa SUC A.

Registar o tempo de fim dos trabalhos na ordem de produção e aguardar pelo transportador de materiais.

Mod.01/00

## Plano de Inspeção:

- Inspeccionar 3 canetas de cada lote.
  - Verificar a cor da caneta;
  - Abrir a caneta e verificar se a mola está colocada correctamente.
- Se **uma** caneta está não-conforme:
  - Rejeitar a caneta;
  - Registar na folha de não-conformidades o defeito encontrado;
  - Chamar o transportador de material para levar as restantes canetas do lote para embalar.
  - A caneta não-conforme é devolvida à produção para ser reparada.
- Se **duas** canetas estão não-conformes:
  - Recusar Lote;
  - Todo o Lote será considerado Sucata;
  - Informar Gestor da Produção para fazer um novo Lote com a mesma referência.

Mod.01/00

Receber o Plano de Produção.

Preencher as ordens de produção para todos os postos de trabalho.

Entregar as ordens de produção e a requisição de material ao abastecedor.

Registar a produção final.

Mod.01/00

## Abastecedor

Receber as requisições de material e as ordens de produção.

Apontar na requisição de material o tempo de início de abastecimento das caixas SUC.A.

Colocar os materiais nas caixas SUC.A juntamente com a ordem de produção.

Apontar na requisição de material o tempo de fim de abastecimento das caixas SUC.A. para o posto 1, 2 e 4.

Mod.01/00



## Transportador

Abastecer os postos de trabalho 1, 2 e 4 com as caixas SUC A.

Colocar racks de madeira vazios nos postos de trabalho 1 e 2 e colocar caixas SUC A no posto de trabalho 3.



Transportar os racks de Madeira e as caixas SUC A entre os postos de trabalho.

Mod.01/00

 Instituto Superior de Engenharia do Porto	<h2 style="margin: 0;">Ordem de Produção</h2>	
O P N.º: _____		Produto: _____
Lote N.º: _____		Nº de peças no lote: 15
Cliente: _____		Pedido Por: _____

Operação	Descrição da Operação	Posto de trabalho	Tempo Início	Tempo Fim	Assinatura Operador
1	Colocar a mola na recarga e colocar o conjunto no interior do corpo inferior.	PT1			

 Instituto Superior de Engenharia do Porto	<h2 style="margin: 0;">Ordem de Produção</h2>	
O P N.º: _____ 08		Produto: _____
Lote N.º: _____		Nº de peças no lote: 15
Cliente: _____		Pedido Por: _____

Operação	Descrição da Operação	Posto de trabalho	Tempo Início	Tempo Fim	Assinatura Operador
2	Montar o pino branco no pino colorido e colocar este conjunto no interior do Corpo Superior. Colocar o conjunto no Rack de madeira.	PT 2			



## Ordem de Produção



O P N.º: _____	Produto: _____
Lote N.º: _____	Nº de peças no lote: <u>15</u>
Cliente: _____	Pedido Por: _____

Operação	Descrição da Operação	Posto de trabalho	Tempo Início	Tempo Fim	Assinatura Operador
3	Montar o conjunto inferior (PT1) com o conjunto superior (PT2).	PT 3			
4	Controlo da Qualidade das canetas.	PT CQ			
5	Colocar cinco canetas dentro da caixa. Imprimir uma etiqueta com a cor das canetas. Fechar a caixa com uma fita e selar com a etiqueta.	PT4			





 Instituto Superior de Engenharia do Porto						
<b>Controlo de Qualidade</b>						
Lote N.º	Produto	N.º de peças no Lote	N.º de productos não-conformes	Controlo do Tempo	Assinatura	Cartão de Não-conformidade N.º

 <b>Requisição de Material</b> 						
<b>O P N.º:</b> _____ <b>Lote N.º:</b> _____						
Ref. Produto	Descrição	N.º de peças	Caixa de Transporte	Entregar ao Posto de Trabalho	Recepção	
1100011	Recarga Azul		SUC A	PT 1		
1100015	Corpo Inferior Azul					
4400014	Mola					
1100021	Corpo Superior Azul		SUC A	PT2		
1100025	Pino Azul					
1100028	Clip Azul					
5500024	Pino Branco					
	Caixa Azul		SUC A	PT4		
	Fita					
3300013	Recarga Vermelha		SUC A	PT 1		
3300017	Corpo Inferior Vermelho					
	Mola					
3300023	Corpo Superior Vermelho		SUC A	PT2		
3300027	Pino Vermelho					
3300030	Clip Vermelho					
	Pino Branco					
	Caixa Vermelha		SUC A	PT4		
	Fita					
2200012	Recarga Preta		SUC A	PT 1		
2200016	Corpo Inferior Preto					
	Mola					
2200022	Corpo Superior Preto		SUC A	PT2		
2200026	Pino Preto					
2200029	Clip Preto					
	Pino Branco					
	Caixa Preta		SUC A	PT4		
	Fita					
<div> <div>Requisição</div> <div>Stock</div> </div>						

## Registo não-conformidades

N.ºOP \_\_\_\_\_

N.º Lote \_\_\_\_\_

Produto: \_\_\_\_\_

Quantidade: \_\_\_\_\_

Descrição da não conformidade: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Tipo de Reparação: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Director de Produção

\_\_\_\_\_  
Trabalhador